

ACTUALIZACIÓN CARTOGRÁFICA CATASTRAL Y VIAL DE LA ZONA NORTE  
ALTA DE TUNJA UTILIZANDO INFORMACIÓN GEORREFERENCIADA

ÁREA PRINCIPAL DE INGENIERÍA CIVIL DEL PROYECTO:  
SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO E INFRAESTRUCTURA VIAL

CARLOS FERNANDO PIÑEROS ROLDÁN



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA  
FACULTAD INGENIERÍA  
ESCUELA INGENIERÍA CIVIL  
TUNJA  
2018

ACTUALIZACIÓN CARTOGRÁFICA CATASTRAL Y VIAL DE LA ZONA NORTE  
ALTA DE TUNJA UTILIZANDO INFORMACIÓN GEORREFERENCIADA

CARLOS FERNANDO PIÑEROS ROLDÁN

Proyecto de grado en modalidad de practica con proyección empresarial para  
optar el título de Ingeniero Civil

Director:

JORGE LUIS RODRÍGUEZ GONZÁLEZ

Ingeniero Civil - Especialista en Diseño, Construcción y Conservación de Vías

Codirector:

JUAN CARLOS QUEVEDO

Arquitecto – Especialista en Diseño Urbano

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FACULTAD INGENIERÍA

ESCUELA INGENIERÍA CIVIL

TUNJA

2018

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

Firma Director del proyecto

---

Firma Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Tunja, Septiembre de 2018

La autoridad científica de la Facultad de ingeniería reside en ella misma, por lo tanto, no responde por las opiniones expresadas en este trabajo de grado.

“Se autoriza su reproducción indicando necesariamente su origen”

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos a:

A la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y a todos los profesores de los cuales recibí los conocimientos y las bases fundamentales para mi formación como Ingeniero Civil.

A mis familiares y amigos, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

A los ingenieros a cargo quienes nos aportaron sus conocimientos y en especial al grupo de pasantes con quienes se realizó la práctica, gracias al compromiso se puedo llevar este trabajo a buen término.

A la alcaldía de Tunja en especial a la oficina de planeación a cargo del Arquitecto Juan Carlos Quevedo y Arquitecta Gloria Esperanza Católico por brindarme la oportunidad de realizar mi trabajo de grado de la mano de ellos.

A todas y cada una de las personas que a lo largo de este proceso hicieron parte, que de una u otra forma contribuyeron para la culminación de este.

## **RESUMEN**

Este proyecto se realiza con el objetivo de conocer el estado actual de la malla vial de la zona urbana de Tunja brindando asistencia técnica a la Oficina Asesora de Planeación recopilando información georreferenciada de las vías urbanas y sus principales elementos y de los elementos que conforman los paramentos de los predios urbanos, siguiendo la metodología dada por el Ministerio de Transporte en la Resolución 1067 de 2015 para reportar la información que conforma el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras.

En la realización del inventario vial se utilizaron Receptores de Posicionamiento Global GPS para la georreferenciación de los datos, el Software ArcGIS 10.1 para el procesamiento y análisis de datos, y un equipo de trabajo conformado por pasantes y contratistas de la Oficina Asesora de Planeación. Este trabajo apunta inicialmente a las vías pertenecientes a la Zona Norte Alta de Tunja y posteriormente se expande a toda el área urbana mediante un análisis multicriterio.

Inicialmente se describen los objetivos y localización del proyecto, seguido por un breve marco teórico de los principales lineamientos utilizados para la realización del proyecto. Seguidamente se describe la metodología a utilizar durante todas las fases del proyecto. Posteriormente se muestran los resultados encontrados como lo son la estructuración de la base de datos, análisis de la malla vial del sector Norte Alto de Tunja y finalmente el análisis multicriterio del casco urbano de Tunja.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	17
1. OBJETIVOS.....	18
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	18
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	19
2.1 LOCALIZACIÓN.....	19
2.2 SECTOR 10. ZONA NORTE ALTA DE LA PARTE URBANA DE TUNJA .....	20
3. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL .....	22
3.1 MARCO LEGAL .....	22
3.1.1 Resolución 1067 de 2015. ....	22
3.1.2 Plan de Ordenamiento Territorial de Tunja POT.....	22
3.2 SOFTWARE EMPLEADO EN EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA.....	23
3.2.1 Microsoft Excel.....	23
3.2.2 Google Earth pro.....	23
3.2.3 Mobile Mapper Office 2.1. ....	23
3.2.4 Hi-Q Tools II.....	23
3.2.5 ArcGIS. ....	24
3.3 MARCO TEÓRICO .....	24
3.3.1 Sistemas de Información Geográfica. ....	24
3.3.2 Estación de Referencia de Operación Continua CORS.....	24
3.3.3 NTRIP. ....	25

4. METODOLOGÍA .....	26
4.1 FASE I. RECOPIACIÓN DE BASES TEÓRICAS .....	26
4.1.1 Capacitaciones. ....	27
4.1.2 Recopilación de información secundaria y estructuración de la base de datos. .....	27
4.2 FASE II. TOMA DE INFORMACIÓN DE CAMPO MEDIANTE RECEPTORES GPS .....	28
4.2.1 Análisis de satélites y sectorización del trabajo diario. ....	28
4.2.2 Toma de datos mediante receptores GPS. ....	32
4.3 FASE III. ANÁLISIS DE LOS DATOS RECOLECTADOS.....	34
4.3.1 Corrección de Coordenadas. ....	35
4.3.2 Calibración de Ruta. ....	36
4.3.3 Transformación de tipo de elementos. ....	36
4.3.4 Análisis multicriterio del área urbana de Tunja. ....	37
 5. ESTRUCTURACIÓN DE LA BASE DE DATOS GEORREFERENCIADA.....	44
5.1 SECCIÓN TRANSVERSAL .....	45
5.2 SEÑAL HORIZONTAL .....	46
5.3 SEÑAL VERTICAL.....	47
5.4 DAÑO FLEXIBLE .....	48
5.5 DAÑO RÍGIDO .....	49
5.6 DAÑO DESTAPADO .....	50
5.7 PARAMENTOS.....	51
 6. SECTOR 10 NORTE ALTO DE TUNJA.....	53
6.1 TRAMO VÍA .....	53



6.2 SECCIÓN TRANSVERSAL .....	55
6.3 TIPO TERRENO .....	58
6.4 DAÑOS .....	59
6.4.1 Daños en Pavimento Flexible. ....	59
6.4.2 Daños en Pavimento Rígido. ....	61
6.4.3 Daños en Afirmado. ....	62
6.5 INTERSECCIONES .....	64
6.6 OTROS .....	66
7. ANÁLISIS MULTICRITERIO DE LA CIUDAD DE TUNJA .....	67
7.1 MAPA DE CRECIMIENTO URBANO .....	67
7.2 MAPA DE CONFLICTOS CON USOS DE PROTECCIÓN .....	72
7.3 MAPA DE CONFLICTOS CON INUNDACIÓN Y ENCHARCAMIENTO .....	77
7.4 MAPA DE CONFLICTOS CON EROSIÓN .....	81
7.5 MAPA DE CONFLICTOS Y CRECIMIENTO .....	85
8. CONCLUSIONES .....	89
9. RECOMENDACIONES.....	91
10. BIBLIOGRAFÍA .....	92
ANEXOS .....	95

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Capacitaciones realizadas. ....	27
Tabla 2. Información secundaria requerida.....	28
Tabla 3. Cronograma para el desarrollo de la metodología .....	34
Tabla 4. Reclasificación de los usos .....	39
Tabla 5. Suelos de Protección en Tunja .....	40
Tabla 6. Valores de Raster en mapa de conflictos con usos de protección.....	41
Tabla 7. Valores Raster en mapa de conflictos con inundación y encharcamiento. .....	42
Tabla 8. Valores de Raster en mapa de conflictos con erosión. ....	42
Tabla 9. Características de las capas de paramentos .....	44
Tabla 10. Componente alfanumérico de la capa de Sección Transversal. ....	45
Tabla 11. Componente alfanumérico modificado de la capa de Señal Horizontal. ....	46
Tabla 12. Tipos de Señales Horizontales. ....	47
Tabla 13. Componente alfanumérico adicional de la capa de Señal Vertical. ....	48
Tabla 14. Componente alfanumérico modificado de la capa de Daño Flexible. ....	48
Tabla 15. Componente alfanumérico modificado de la capa de Daño Rígido. ....	49
Tabla 16. Componente alfanumérico de la capa de Daño Destapado.....	50
Tabla 17. Características de las capas de paramentos .....	51
Tabla 18. Componente alfanumérico de la capas de Paramentos.....	51
Tabla 19. Componentes viales del sector norte alto de Tunja. ....	53
Tabla 20. Ancho de calzada sector norte alto de Tunja. ....	55
Tabla 21. Tipos de superficie del sector norte alto de Tunja.....	56
Tabla 22. Anchos de calzada de acuerdo a los tipos de superficie.....	57
Tabla 23. Tipos de terreno del sector norte alto de Tunja.....	58
Tabla 24. Componentes viales del sector norte alto de Tunja. ....	63
Tabla 25. Componentes viales del sector norte alto de Tunja. ....	65
Tabla 26. Áreas de los usos de suelos en 2014. ....	67

Tabla 27. Áreas de los usos de suelos en 2017. ....	69
Tabla 28. Matriz de resultados para mapa de crecimiento. ....	70
Tabla 29. Áreas de los usos de suelos en crecimiento. ....	70
Tabla 30. Áreas de construcción urbana 2017.....	73
Tabla 31. Áreas de zonas de protección urbana.....	75
Tabla 32. Áreas de mapa de conflictos con usos de protección. ....	76
Tabla 33. Usos de suelos de protección. ....	77
Tabla 34. Áreas de amenazas de inundación y encharcamiento.....	77
Tabla 35. Áreas de conflicto con inundación y encharcamiento. ....	80
Tabla 36. Usos de suelo por amenaza alta de inundación y encharcamiento. ....	81
Tabla 37. Áreas de amenazas de erosión urbana. ....	82
Tabla 38. Áreas de conflicto con erosión urbana. ....	83
Tabla 39. Usos de suelo por amenaza alta de erosión. ....	84
Tabla 40. Matriz de resultados del mapa de conflictos y crecimiento ....	85
Tabla 41. Áreas de los usos de suelos del mapa de uso de suelos.....	88

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica casco urbano Tunja. ....	20
Figura 2. Zona de trabajo Norte Alto de Tunja (10).....	21
Figura 3. Procesos para la corrección de datos para receptores GPS. ....	25
Figura 4. Metodología utilizada. ....	26
Figura 5. Mapa utilizado para la distribución de trabajo. ....	29
Figura 6. Proyección del estado y distribución de satélites.....	30
Figura 7. Número de satélites para cada sistema de coordenada utilizado. ....	30
Figura 8. Índices de la disolución de la precisión de acuerdo al posicionamiento del usuario. ....	31
Figura 9. Distribución de los satélites en la máscara terrestre.....	32
Figura 10. Distribución de los satélites en la tierra.....	32
Figura 11. Interface MobileMapper 50. ....	33
Figura 12. Proceso de corrección de coordenadas mediante software MobileMapper Office 2.1.....	35
Figura 13. Diagrama de flujo para obtención de los mapas.....	37
Figura 14. Distribución de la Clasificación de la malla vial del sector 10 .....	54
Figura 15. Distribución de los anchos de calzada del sector 10 .....	55
Figura 16. Distribución del Tipo de superficie en el sector 10.....	57
Figura 17. Distribución de los Tipos de terreno encontrados en el sector 10 .....	59
Figura 18. Tipos de daños en el pavimento flexible encontrados en el sector 10.	60
Figura 19. Estado de la vías en pavimento flexible en el sector 10 .....	60
Figura 20. Tipos de daños en el pavimento rígido encontrados en el sector 10 ...	61
Figura 21. Estado de la vías en pavimento rígido en el sector 10.....	62
Figura 22. Daños en afirmado presentes en el sector 10 .....	62
Figura 23. Estado de la vías en Afirmado en el sector 10.....	63
Figura 24. Distribución de los Tipos de terreno encontrados en el sector 10 .....	64
Figura 25. Distribución de los Tipos de terreno encontrados en el sector 10 .....	65

Figura 26. Usos de suelos reclasificados en 2014.....	67
Figura 27. Raster Predial reclasificado del 2014.....	68
Figura 28. Usos de suelos reclasificados en 2014.....	68
Figura 29. Raster Predial reclasificado del 2017.....	69
Figura 30. Mapa de crecimiento urbano reclasificado.....	71
Figura 31. Usos de suelos y crecimientos en 2017.....	72
Figura 32. Construcción urbana 2017.....	72
Figura 33. Raster de construcción urbana 2017.....	73
Figura 34. Raster de zonas de protección urbana.....	74
Figura 35. Diagrama de suelos de protección urbana.....	74
Figura 36. Mapa de conflictos con usos de protección.....	75
Figura 37. Diagrama de conflicto con usos de protección.....	76
Figura 38. Diagrama de amenazas de inundación y encharcamiento.....	78
Figura 39. Mapa de amenazas de inundación y encharcamiento.....	78
Figura 40. Mapa de conflicto con inundación y encharcamiento reclasificado.....	79
Figura 41. Diagrama de conflicto con inundación y encharcamiento.....	80
Figura 42. Diagrama de amenaza de erosión.....	81
Figura 43. Mapa de amenazas de erosión urbana.....	82
Figura 44. Mapa de conflicto con erosión urbana reclasificado.....	83
Figura 45. Diagrama de conflicto con erosión urbana.....	84
Figura 46. Crecimiento Urbano presentado en zonas de conflictos.....	86
Figura 47. Mapa de Conflictos y Crecimientos.....	87

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Mapas de Tunja.....	96
Anexo B. Base de Datos Georreferenciada del sector Norte Alto.....	CD
Anexo C. Resolución 0001067 del 2015.....	CD
Anexo D. Decreto N°0241 del 23 de septiembre de 2014.....	CD
Anexo E. Certificado de licencia de ArcGIS.....	CD

## GLOSARIO

**Base de datos:** La base de datos es aquella donde se consigna cualquier tipo de información a gran escala donde se almacena de manera organizada todo con el fin de facilitar su uso.

**Berma:** Parte de la estructura de la vía, destinada al soporte lateral de la calzada para el tránsito de peatones y semovientes y ocasionalmente al estacionamiento de vehículos y tránsito de vehículos de emergencia. (Artículo 2º del código nacional de tránsito. Ley 769 del 2002)

**Carretera:** Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transporte y comunicaciones. (Manual diseño geométrico de carreteras. Ministerio de Transporte)

**Georreferenciación:** La georreferenciación es la técnica de posicionamiento espacial de una entidad en una localización geográfica única y bien definida en un sistema de coordenadas y datos específicos.

**GPS (SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL):** El Sistema de Posicionamiento Global, más conocido por sus siglas en inglés, GPS (siglas de Global Positioning System), es un sistema que permite determinar en toda la Tierra la posición de un objeto (una persona, un vehículo) con una precisión de hasta centímetros (si se utiliza GPS diferencial), aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión.

**Inventario vial:** Cuantía de cada una de las vías existentes teniendo en cuenta factores como estado de la vía, ubicación específica, características físicas y su estado en general.

**Pavimento flexible:** Este pavimento está conformado por una carpeta bituminosa apoyada sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. (Montejo Fonseca, Alfonso, Ingeniería de pavimentos para carreteras, Bogotá, Universidad Católica de Colombia 2006)

**Pavimento rígido:** Generalmente está constituido por una losa de concreto hidráulico, apoyado sobre la sub-rasante o sobre una capa de material seleccionado dando soporte estructural a la capa superior.

**PDOP (Dilución de Precisión de Posición):** Más conocida por sus siglas en ingles PDOP (Position Dilution of Precision), es una cifra sin unidades que expresa la relación entre el error en la posición del usuario y el error en la posición del satélite. Indica el momento en que la geometría del satélite puede facilitar los resultados más exactos.

**POT:** (Plan de Ordenamiento Territorial) instrumento técnico y normativo de planeación y gestión de largo plazo; es el conjunto de acciones y políticas, administrativas y de planeación física, que orientarán el desarrollo del territorio municipal por los próximos años.

**Shapefile:** Es un formato sencillo y no topológico que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas. Las entidades geográficas de un shapefile se pueden representar por medio de puntos, líneas o polígonos (áreas).

**SINC:** (Sistema Integral Nacional de Carreteras) es el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras definido como un sistema público único nacional conformado por toda la información correspondiente a las carreteras a cargo de Nación, departamentos, municipios y distritos especiales.



## INTRODUCCIÓN

Las vías son el eje principal de comunicación de diversos sectores de la sociedad que favorecen el desarrollo de actividades económicas, industriales, escolares, recreativas, entre otras que contribuyen al crecimiento y desarrollo urbanístico, por lo que es de vital importancia realizar un inventario vial que permita reconocer los diferentes elementos que componen la malla vial para realizar labores de mantenimiento, movilidad y una administración responsable de los recursos.

Con este objetivo en el año 2015 el Ministerio de Transporte expide la resolución 1067, que tiene como meta reportar la información que conforma el SINC (Sistema Integral Nacional de Carreteras), y acogiéndose al cumplimiento de esta oficina de planeación de la Alcaldía Mayor de Tunja decide realizar un inventario vial que permita actualizar las bases de datos existentes y fortalecerlos.

La metodología se basa en la resolución 1067 del Ministerio de Transporte teniendo en cuenta lineamientos para la toma de datos exigidos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi para la toma de datos georreferenciados. Esto se logra por medio de la inversión en nuevos equipos de recepción GPS por parte de la Alcaldía de Tunja, brindando mejores herramientas para este proyecto.

Adicionalmente se recolecta información del uso predial de la zona urbana de Tunja con el objetivo de analizar el cumplimiento de las normas urbanísticas establecidas dentro del POT, principalmente se comparan las zonas de protección de la ciudad que poseen usos restrictivos de los suelos, dentro de los cuales se evidencia la presencia de construcciones a lo largo de estas zonas.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Ejecutar la recopilación de información georreferenciada en la zona norte alta del sector urbano de la ciudad de Tunja siguiendo lineamientos nacionales con destino a la actualización del POT.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Estructurar una base de datos georreferenciada de la malla vial y de la cartografía catastral según lo requerido por la Oficina Asesora de Planeación de Tunja y utilizando la Metodología establecida en la Resolución 1067 de 2015 del Ministerio de Transporte.

Realizar levantamientos detallados utilizando receptores del Sistema de Posicionamiento Global en la zona norte alta del sector urbano de Tunja conforme a la metodología de la Resolución 1067 de 2015 del Ministerio de Transporte, incluyendo la toma de datos de parámetros.

Realizar el análisis multicriterio de la zona urbana de Tunja con respecto a los usos de protección contemplados en la actualización del POT de Tunja realizada en 2014.

## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **2.1 LOCALIZACIÓN**

La caracterización vial y catastral se realizó de acuerdo a la nueva zonificación urbana del municipio de Tunja, realizada con el fin de la actualización del Plan de Ordenamiento Territorial (POT). La zona urbana fue dividida en 10 sectores, en donde para la elaboración del presente proyecto se seleccionó la zona norte alta es decir el sector 10, tal como se puede observar en las figuras 1 y 2.

Tunja es un municipio colombiano, capital del departamento de Boyacá. Cuenta con una población estimada para 2017 de 195 496 habitantes<sup>1</sup>. Se encuentra ubicada sobre la cordillera Oriental, en la parte central del Departamento, localizado a 05°32'7" de latitud norte y 73°22'04" de longitud oeste, con alturas que van desde los 2.700 m.s.n.m. hasta 3.150 m.s.n.m. en la parte más elevada, con una extensión de 121.4 Km<sup>2</sup>, y una temperatura de 13°C. Tunja es Agrícola, Cultural y Comercial.

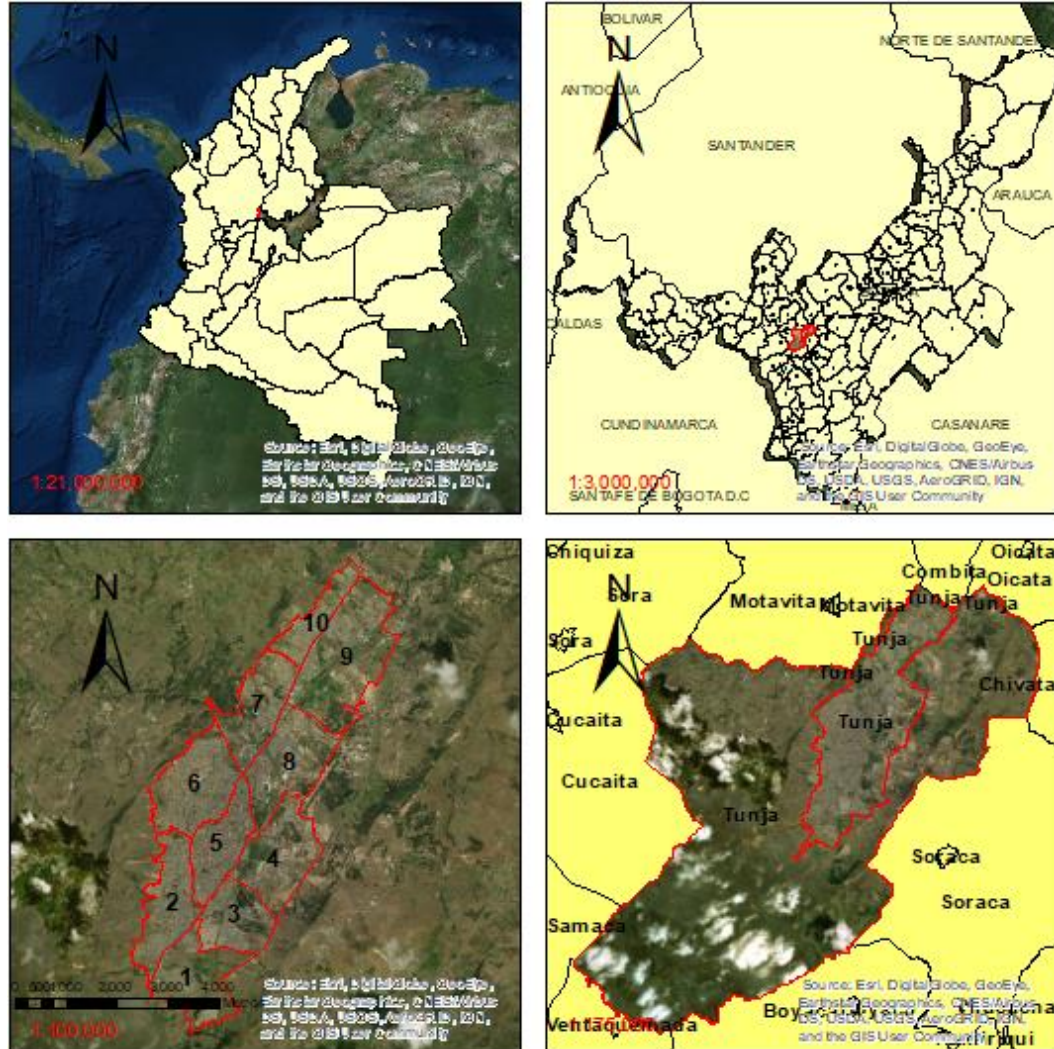
Limita por el norte con los municipios de Motavita y Cómbita, al oriente con los municipios de Oicatá, Chivatá, Soracá y Boyacá, por el sur con Ventaquemada y por el occidente con los municipios de Samacá, Cucaita y Sora. Registra 200 desarrollos urbanísticos con una extensión de 19.7661 km<sup>2</sup> en la zona urbana y 10 veredas en el sector rural con una extensión de 101.7258 Km<sup>2</sup>: Barón Gallero, Barón Germania, Chorroblando, El Porvenir, La Esperanza, La Hoya, La Lajita, Pirgua, Runta y Tras del Alto. Los ríos: Jordán que atraviesa a la ciudad de sur a norte y la Vega que va de occidente a oriente, se consideran sus principales fuentes hídricas<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> DANE. Resultados y proyecciones (2005-2020) del censo 2005

<sup>2</sup> ALCALDÍA MAYOR DE TUNJA. Tunja en equipo: Presentación. [En línea]. Disponible en Internet. <http://www.tunja-boyaca.gov.co/presentacion.shtml>

Figura 1. Localización geográfica casco urbano Tunja.



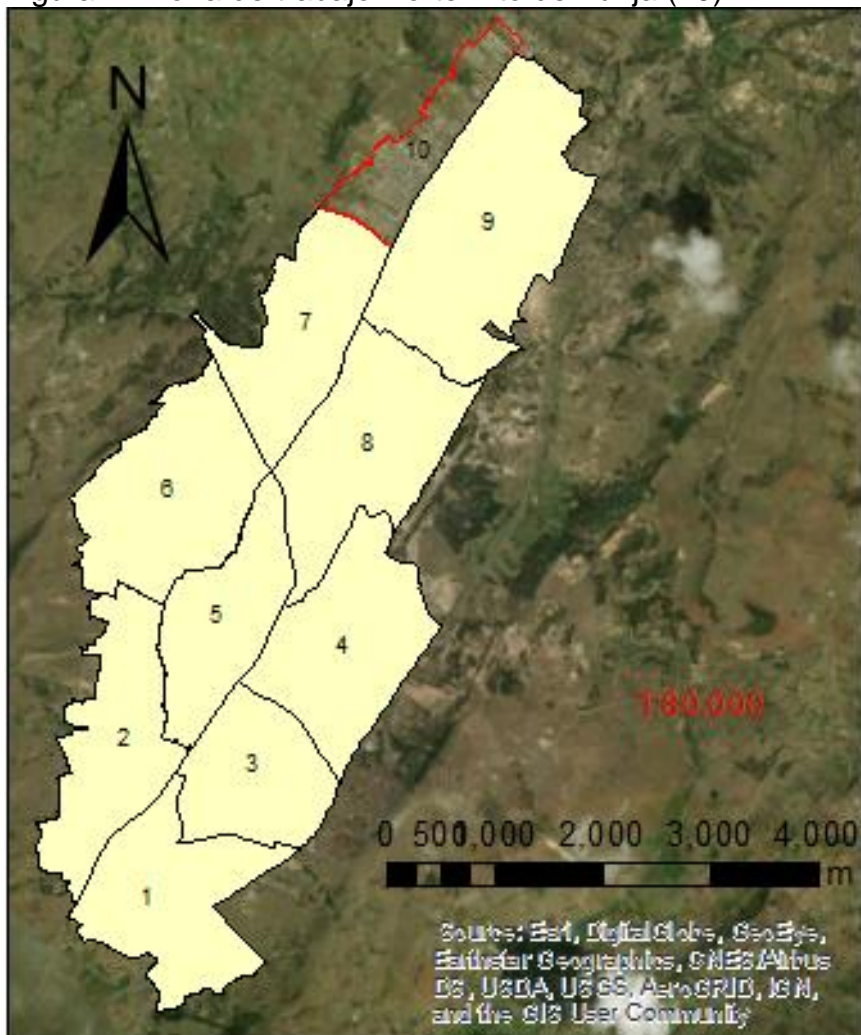
Fuente: Elaboración propia

## 2.2 SECTOR 10. ZONA NORTE ALTA DE LA PARTE URBANA DE TUNJA

Este sector tiene un área de 1086139 m<sup>2</sup>, ubicada en la parte Noreste de la ciudad desde la Calle 56 hasta la calle 79 que limita con el municipio de Combita, y de la Avenida Norte hacia la carrera 10. Dentro de este sector se encuentran los barrios Portal de Hunzahua, manantial del norte, Portales del norte, José Antonio Galán, Santa Rita, Villa Luz, El poblado de Filadelfia, Asis, Parque del Nogal, entre otros.

En el *Anexo A. Mapa 01 Barrios Sector 10*, se pueden visualizar los diferentes barrios que componen este sector, así como también aquellas zonas que la componen pero por motivos de legalidad no ha podido proporcionársele un nombre oficial y aun así se encuentran delimitados.

Figura 2. Zona de trabajo Norte Alto de Tunja (10).



Fuente: Elaboración Propia

### **3. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

#### **3.1 MARCO LEGAL**

##### **3.1.1 Resolución 1067 de 2015.**

Por medio de esta resolución el Ministerio de Transporte establece la Metodología General para reportar la información que conformará el Sistema Nacional de Información de Carreteras SINC, con el fin de que las entidades obligadas a reportar dicha información tengan claro su diligenciamiento. Esta resolución clasifica las vías de dos maneras, la primera teniendo en cuenta si son de primer, segundo o tercer orden y una segunda clasificación corresponde a la entidad a cargo de la vía, ya que esto depende el conocimiento de qué vías debe reportar cada entidad. La metodología para reportar la información al SINC establece 18 capas que se deben entregar en formato ESRI Shapefile, Sistema de Referencia Espacial MAGNA\_SIRGAS de acuerdo a lo establecido en la Resolución 069 de 2005 del IGAC, la información debe ser de tipo tridimensional puesto que cada elemento debe contar con latitud, longitud y altura.<sup>3</sup>

##### **3.1.2 Plan de Ordenamiento Territorial de Tunja POT.**

EL POT de Tunja está definido en el decreto 0241 del 23 de septiembre de 2014, donde se compilan las disposiciones contenidas en los Acuerdo Municipales 0014 de 2001 correspondiente al Plan de Ordenamiento Territorial de Municipio de Tunja, y 006 de 2014 que presenta la modificación excepcional del Plan de Ordenamiento Territorial adoptado en el acuerdo 014 de 2001. La vigencia a largo plazo del POT

---

<sup>3</sup> MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 1067 de 2015. Capítulo 1. Antecedentes.

se cumple en diciembre de 2015 por lo se requiere su actualización y se lleva a cabo actualmente por parte de la Oficina Asesora de Planeación del Municipio de Tunja.<sup>4</sup>

### **3.2 SOFTWARE EMPLEADO EN EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA**

#### **3.2.1 Microsoft Excel.**

Programa creado para realizar hojas de cálculo, tiene la ventaja de crear tablas y gráficos, además de brindar una gran variedad de herramientas de cálculo para tener resultados completos de lo que deseamos trabajar como promedios, porcentajes entre otros.

#### **3.2.2 Google Earth pro.**

Es un programa creado para revisar cartografía de todo el planeta tierra, con una muy buena calidad, es de uso libre, con él se pueden verificar aquellas zonas que no serán posibles de ver en la imagen aérea proporcionada por la Alcaldía Municipal de Tunja y permite verificar perfiles de los terrenos.

#### **3.2.3 Mobile Mapper Office 2.1.**

Programa que permite edición y pos proceso de los datos tomados mediante el GPS Mobile Mapper 10 y que permite trabajar SIG.

#### **3.2.4 Hi-Q Tools II.**

Software empleado para la extracción, edición y procesamiento de datos georrefenciado tomados por medio de los receptores GPS Qpad X5 Hi-Target.

---

<sup>4</sup> ALCALDÍA DE TUNJA. Decreto 0241 de septiembre de 2014.

### **3.2.5 ArcGIS.**

Software utilizado en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o SIG. Este software agrupa las funciones de captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica.

## **3.3 MARCO TEÓRICO**

### **3.3.1 Sistemas de Información Geográfica.**

De acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)<sup>5</sup>, un sistema de información geográfica (SIG) es una herramienta que permite captar, almacenar, entregar y graficar información geo - referenciada, y actualmente se aplica en áreas como estructuración de cartografía digital; inventarios, planificación urbana, rural, regional y nacional. Estos sistemas de información tienen grandes ventajas en cuanto a la cantidad de información que se recoge, ya que permite que se ordene de forma espacial, reduciendo costos de procesamiento y minimizando el tiempo requerido al momento de recuperar y actualizar datos hasta proporcionar los diseños de mapas y similares.

### **3.3.2 Estación de Referencia de Operación Continua CORS.**

Es un sistema de topografía, altamente integrado, puede ofrecer soluciones avanzadas para la adquisición, procesamiento, distribución, y gestión de datos. Es la evolución del GPS al no tener que depender de una antena base y un radio para el posicionamiento de un punto en tiempo real y con precisión milimétrica. Basado en la avanzada tecnología de estudio GPS y tecnología de estudio tradicional, CORS es un sistema de referencia y corrección conformado por antenas fijas para

---

<sup>5</sup> COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINE Y EL CARIBE. Inventarios y cuentas del patrimonio natural en América Latina. Naciones Unidas. Santiago de Chile. 1991.

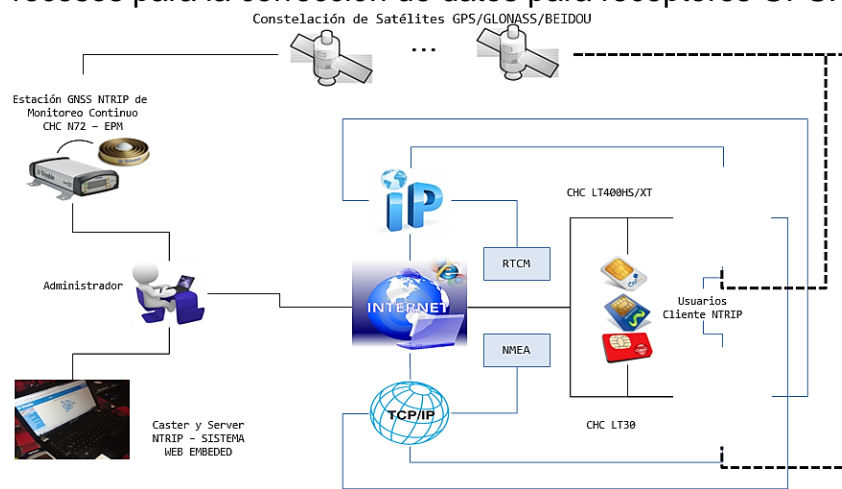


proporcionar datos de corrección (estático y RTK en tiempo real) a sistemas GNSS (GPS) de doble frecuencia o para equipos GIS que tengan la ranura para tarjeta SIM. na o varias antenas fijas se instalan en lugares estratégicos para obtener, procesar y enviar datos de corrección en diferentes formatos y protocolos y por diferentes medios: datos estáticos en formato Rinex que se pueden descargar de un servidor FTP para realizar post-proceso o datos de corrección en tiempo real en diferentes protocolos para ser enviados por Internet a través de la red de telefonía celular a múltiples usuarios a la vez para diferentes aplicaciones (topografía, GIS, científicos, etc.).

### 3.3.3 NTRIP.

Sus siglas se refieren a Networked Transport of RTCM vía Internet Protocol, es una Red de Transporte de Formato RTCM a través del Protocolo de Internet, el cual permite emitir correcciones diferenciales en tiempo real a receptores Rover GNSS con precisión centimétrica en un radio de cobertura de 35 a 50 km con una estación CORS. Esta tecnología transfiere datos GNSS (formato RTCM) a través de redes Internet o de telefonía móvil, lo que permite conexiones simultáneas a través de PC, celular, portátil, o directamente desde el receptor GPS.

Figura 3. Procesos para la corrección de datos para receptores GPS.

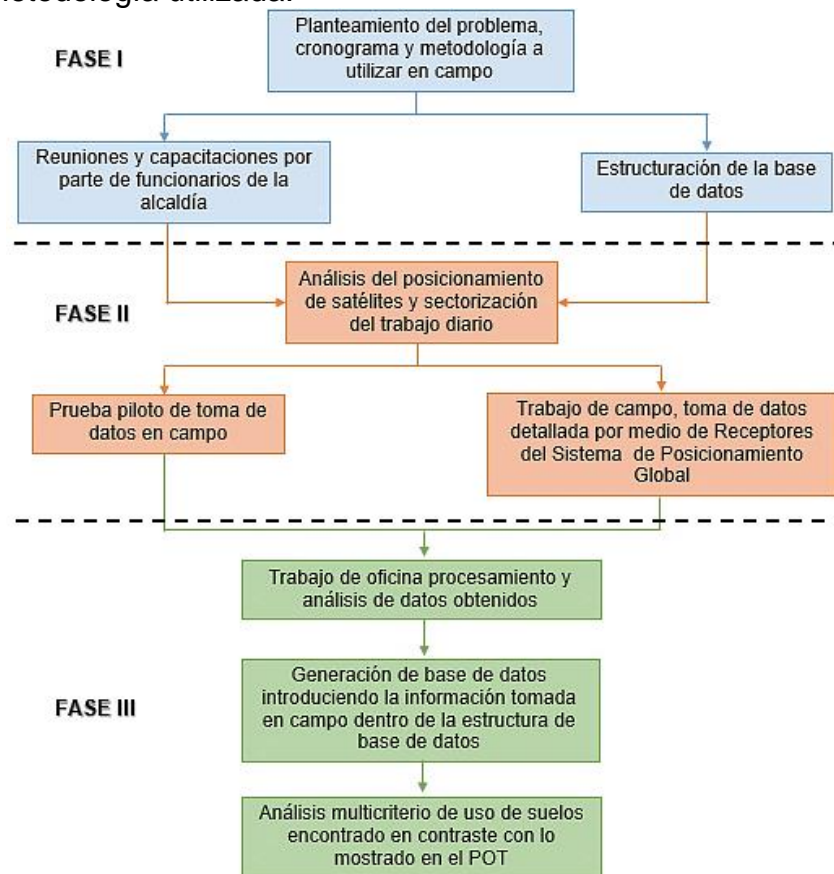


Fuente: Galileo Instruments.

## 4. METODOLOGÍA

Se desarrolla una metodología cuantitativa descriptiva que se desarrolla mediante un Sistema de Información Geográfica en el software ArcGIS. Dentro del desarrollo del presente proyecto se dividió la metodología dentro de 3 fases principales, la Fase I consiste en la recopilación de bases teóricas, la Fase II de toma de información de campo utilizando receptores GPS, y finalmente la Fase III que corresponde al análisis de los datos recolectados. A continuación se describen de una mejor manera cada una de las fases.

Figura 4. Metodología utilizada.



Fuente: Elaboración Propia

### 4.1 FASE I. RECOPIACIÓN DE BASES TEÓRICAS

#### 4.1.1 Capacitaciones.

Dentro del marco de elaboración del proyecto de actualización de la malla vial urbana de la ciudad de Tunja se establecieron una serie de capacitaciones necesarias en las personas participantes dentro del proyecto, teniendo en cuenta todos los recursos necesarios para su realización como lo son el uso de GPS y procesamiento de información mediante el uso del software ArcGIS. En la siguiente tabla se estableció la relación de las capacitaciones dadas.

Tabla 1. Capacitaciones realizadas.

FECHA	CAPACITACIÓN	OBJETIVO
31 de enero 2018	Metodología general de trabajo	Establecer los objetivos principales por los que se realiza el proyecto, metodología y recursos a utilizar.
01 de febrero 2018	Uso del GPS para trabajo en campo	Conocer el uso del GPS para la toma de datos en campo tanto del Mobile Mapper 10 como el Mobile Mapper 50.
02 de febrero de 2018	Resolución 1067 de 2015 del Ministerio de Transporte	Se dan a exponer las capas a realizar dentro del proyecto con todos los requisitos exigidos dentro de la resolución.
07 de febrero 2018	Trabajo de oficina	Reconocimiento de los programas a utilizar durante la fase de oficina como son el pos proceso, conversión a los elementos requeridos por la resolución y entrega final de archivos Shapefile
22 y 23 de febrero 2018	Reconocimiento de equipos GNSS	Conocer los equipos adquiridos GNSS, sus usos, aplicaciones orientados al levantamiento y captura de datos para GPS.
08 y 09 de marzo 2018	Uso del GPS para trabajo en campo y oficina	Creación de capas, toma de datos, procesamiento, conversión de formato con herramientas NTRIP.

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.2 Recopilación de información secundaria y estructuración de la base de datos.

Para el desarrollo del proyecto y garantizar su cumplimiento se requieren de diferentes elementos proporcionados principalmente por la Alcaldía Municipal del Tunja los cuales son mencionados en la Tabla 2. La estructuración de la base de

datos se debe principalmente a los elementos finales que se deben entregar y los que se pueden realizar directamente sobre los dispositivos de tomas de datos, de tal manera que se agilice la toma de datos en campo.

Tabla 2. Información secundaria requerida.

<b>NOMBRE</b>	<b>TIPO ARCHIVO</b>	<b>CONTENIDO</b>
Malla Vial Proyectada	Shapefile – tipo línea	Trazado de la malla vial proyectada mediante ortofoto con información de nomenclatura actual y la propuesta
Base de datos resolución 1067	Excel	Base de datos en formato Excel de los archivos a reportar exigidos por la resolución 1067 de 2015 del Ministerio de Transporte
Barrios	Shapefile – tipo polígono	Contiene cada uno de los barrios de la ciudad delimitado por polígonos.
Predial	Shapefile – tipo polígono	Contiene cada uno de los predios urbanos de la ciudad, encontrados en forma de polígonos y proporcionando la información principal de estos.
Sectores	Shapefile – tipo polígono	Contiene la división georreferenciada de los sectores urbanos a caracterizar dentro del proyecto macro.
Base de datos uso de suelos y estrato	Excel	Contiene los códigos prediales de la ciudad relacionados con el uso del suelo y estrato de cada uno
POT Tunja	Shapefiles – tipo polígono	Contiene cada uno de los mapas realizados en el POT de Tunja

Fuente: Elaboración Propia

## **4.2 FASE II. TOMA DE INFORMACIÓN DE CAMPO MEDIANTE RECEPTORES GPS**

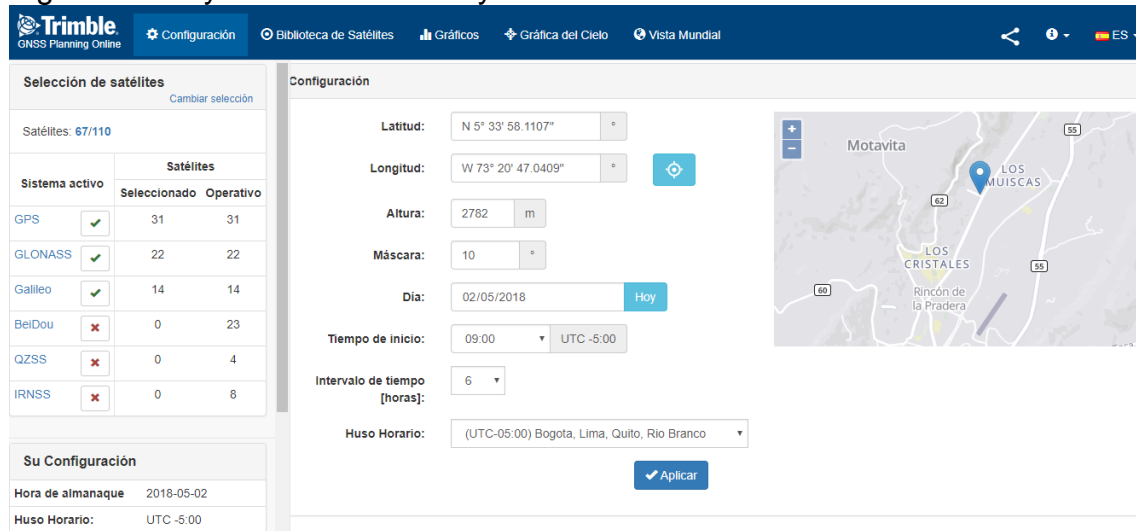
### **4.2.1 Análisis de satélites y sectorización del trabajo diario.**

En el desarrollo del cronograma establecido se establecen unos objetivos de distancias georreferenciadas diariamente por cada equipo de trabajo, de acuerdo al shapefile “Malla Vial Proyectada” y según los cronogramas propuestos. Posterior a



Los sistemas de satélites utilizados por los dispositivos de tomo GPS son GPS, GLONASS y Galileo, utilizando una máscara de 10 °.

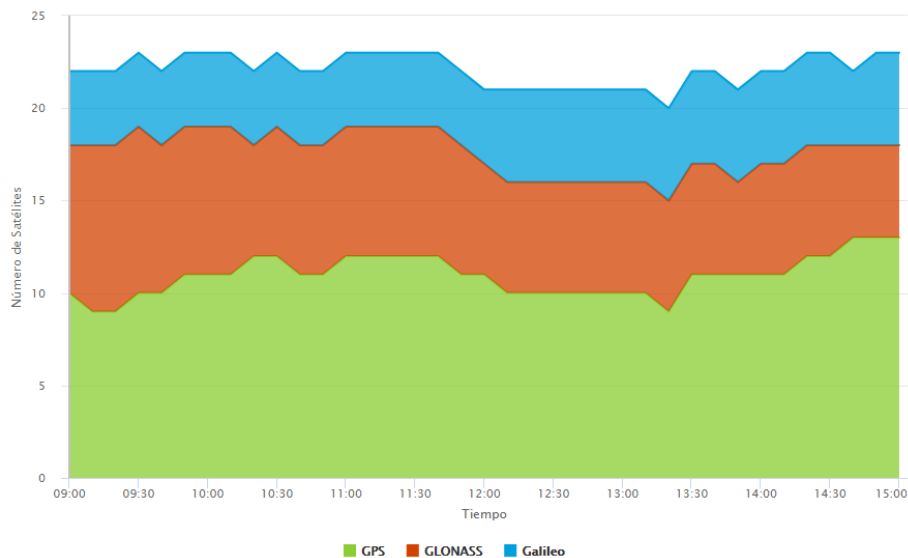
Figura 6. Proyección del estado y distribución de satélites.



Fuente: <https://www.gnssplanning.com/#/settings>

De esta manera se determina el número de satélites por cada sistema, de acuerdo a la hora del día, esto en condiciones óptimas para la toma de datos.

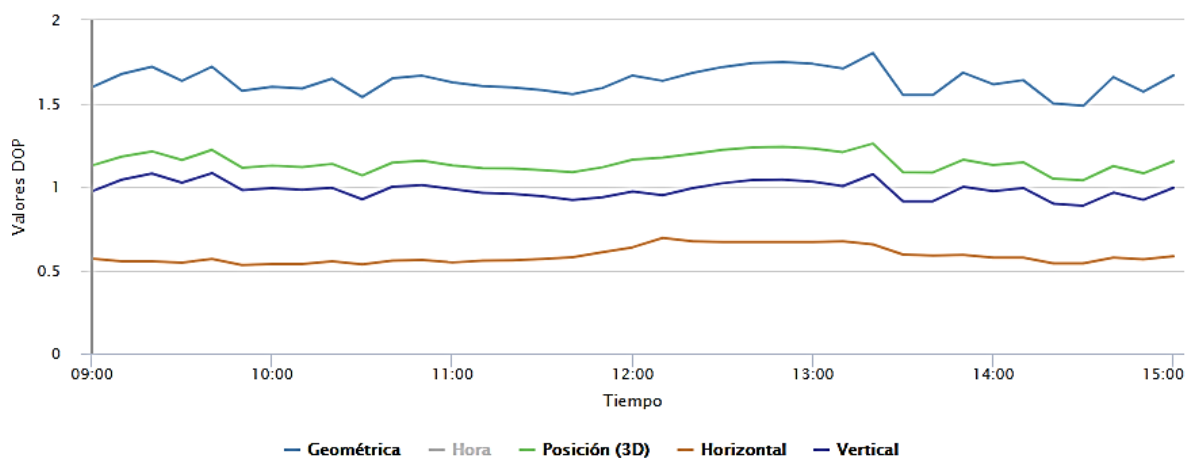
Figura 7. Número de satélites para cada sistema de coordenada utilizado.



Fuente: <https://www.gnssplanning.com/#/charts>

Se encontró que para el sistema GPS se tiene en promedio 10 satélites disponibles, 8 satélites para el sistema GLONASS y 3 satélites para el sistema Galileo, dando un aproximado de 21 satélites disponibles para la toma de datos en óptimas condiciones. Igualmente se encuentra el índice PDOP en condiciones óptimas tanto de los satélites como del receptor GPS, de acuerdo a la relación de la posición entre los satélites y el receptor GPS.

Figura 8. Índices de la disolución de la precisión de acuerdo al posicionamiento del usuario.



Fuente: <https://www.gnssplanning.com/#/charts>

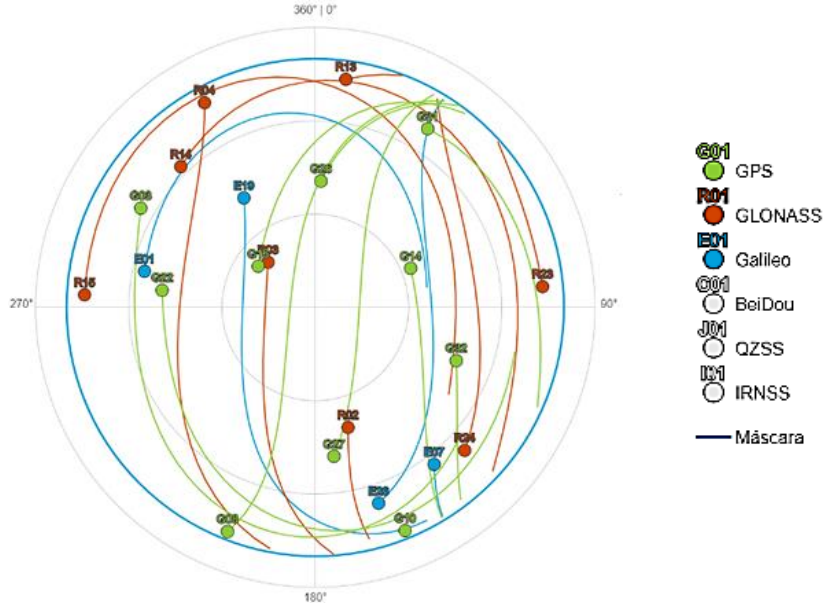
De esta manera se encuentra que para el día 02 de mayo de 2018 se tiene un índice PDOP promedio de 1.6 en condición geométrica, 1.1 en condición de Posición (3D), 1.0 e condición Horizontal y de 0.6 en condición Vertical; lo anterior en condiciones óptimas es decir sin ninguna fuente de interferencia entre los satélites y los receptores GPS.

El índice utilizado en campo es el generado por la Posición (3D) por lo que es revisado en los receptores GPS a la hora de la toma de datos.

Igualmente se puede observar el recorrido que realizan los satélites a lo largo de la jornada de trabajo para el día especificado

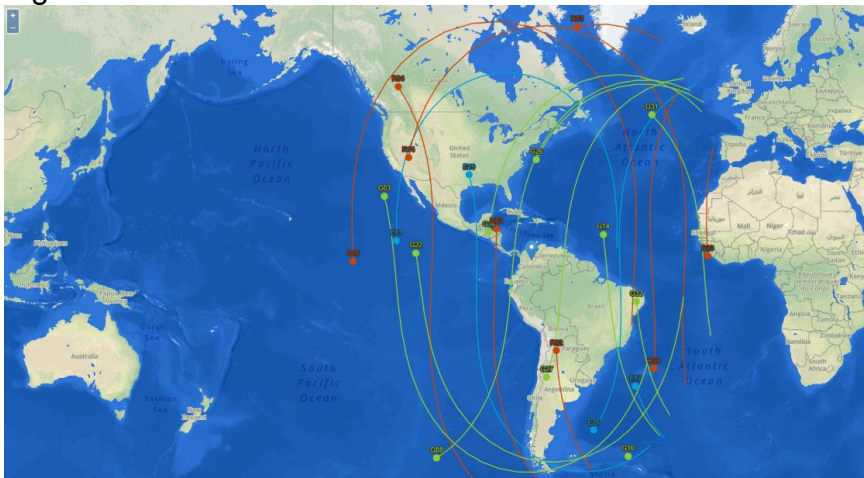


Figura 9. Distribución de los satélites en la máscara terrestre.



Fuente: <https://www.gnssplanning.com/#/skyplot>

Figura 10. Distribución de los satélites en la tierra.



Fuente: <https://www.gnssplanning.com/#/maps>

#### 4.2.2 Toma de datos mediante receptores GPS.

Durante la toma de datos se conformaron mínimo dos equipos de trabajo y un máximo de tres, de acuerdo a la disponibilidad de personal y de receptores GPS. Cada equipo fue conformado por mínimo tres personas y un receptor GPS. Los

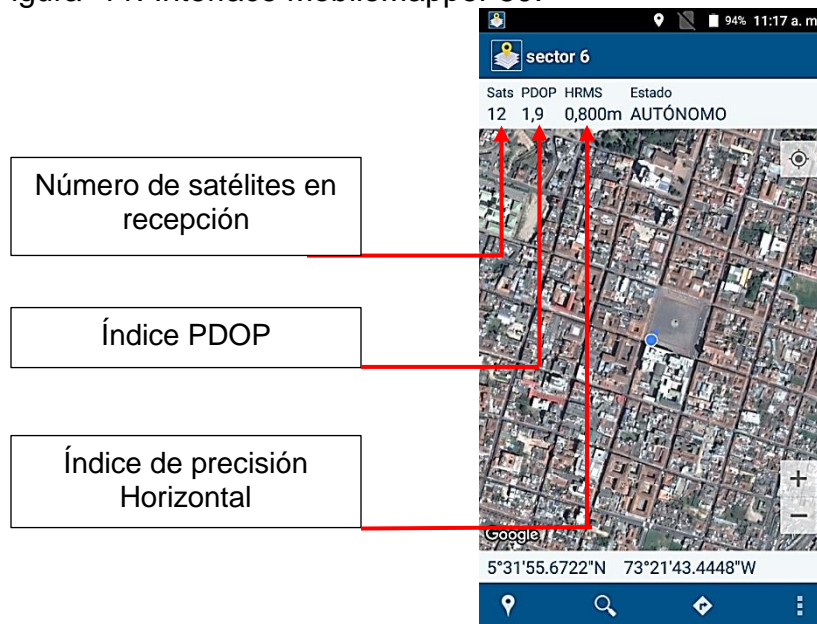


receptores GPS disponibles para la toma de datos son MobileMapper 10, MobileMapper 50 y Qpad X5 Hi-Target, cada uno con precisión sub métrica luego de realizar pos proceso. Los datos fueron tomados bajo el sistema de coordenadas proyectadas Magna\_Colombia\_Bogotá, con las referencias base pedidas dentro de la resolución 1067 de 2015 del Ministerio de Transporte.

Durante la recolección de datos se tuvo en cuenta el índice PDOD, el cual debe tener una medida en campo menor a 2.0, y una máscara de elevación de  $10^\circ$  los cuales ayudan a reducir los errores de recepción de los GPS. Cada GPS fue configurado con un tiempo de recepción de 30 segundos en los elementos tipo punto, mientras que la toma de vértices se realizó cada 5.0 metros para los elementos tipo línea.

A continuación se muestran los elementos que deben ser tenidos en cuenta durante la toma de datos para el receptor GPS MobileMapper 50, estos mismos indicadores se encuentran en los demás receptores GPS.

Figura 11. Interface MobileMapper 50.



Fuente: Elaboración Propia

Para su recolección fue necesario simplificar los datos pedidos en la mayoría de las capas, tomando los datos como elementos tipo *point*, siendo la capa 01\_TRAMOVIA la única tomada como *LineString 3D*, en donde posteriormente se realizará la conversión de las capas a elementos tipo *LineString 3D* a partir de los datos tomados y de la capa base 01\_TRAMOVIA. Los elementos creados en los receptores GPS y la relación de los que requieren transformación en el tipo de elemento se mencionan a continuación:

Tabla 3. Cronograma para el desarrollo de la metodología

NOMBRE	TIPO DE GEOMETRÍA	TRANSFORMACIÓN
01_TRAMOVIA	LineString 3D	No
02_BERMA	Point	Si
03_SECCIONTRANSVERSAL	Point	Si
04_SEPARADOR	Point	Si
05_TIPOTERRENO	Point	Si
06_PUENTE	Point	Si
07_MURO	Point	Si
10_INTERSECCION	Point	No
12_SITIOCRITICOACCIDENTALIDAD	Point	Si
13_SITIOCRITICOINESTABILIDAD	Point	Si
14_SENALHORIZONTAL	Point	Si
15_SENALVERTICAL	Point	Si
16_DANOFLEXIBLE	Point	Si
17_DANORIGIDO	Point	Si
18_DANOAFIRMADO	Point	Si
19_PARAMENTOS	Point	Si

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3 FASE III. ANÁLISIS DE LOS DATOS RECOLECTADOS

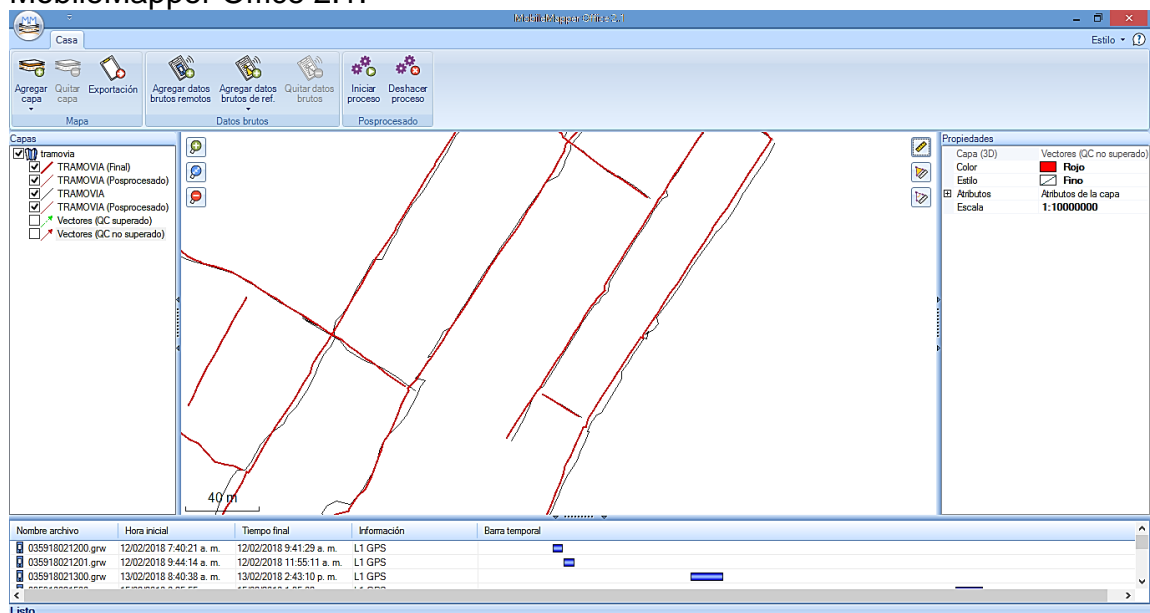
Durante la fase de recolección de datos se utilizó el sistema de coordenadas Magna\_Colombia\_Bogota por lo que no se requirió realizar ningún proceso de

proyección de coordenadas, de igual manera los equipos receptores Qpad X5 Hi-Target cuentan con el sistema N-Trip el cual permite realizar la corrección de datos en tiempo real durante la recolección de datos.

#### 4.3.1 Corrección de Coordenadas.

Esta corrección se realiza para los elementos receptores MobileMapper, los cuales reciben la corrección de posicionamiento de la estación TUNA perteneciente al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), mediante su respectivo el software MobileMapper Office 2.1

Figura 12. Proceso de corrección de coordenadas mediante software MobileMapper Office 2.1.



Fuente: Elaboración Propia

En donde se observa que la corrección realizada mejora la precisión de los elementos tomados y mejora la tendencia recta en los elementos tipo línea, se puede apreciar que los elementos de color negro están sin procesamiento y pueden tender a curvarse, mientras que los elementos de rojo representan de una mejor manera la dirección de las calles tomadas.

#### **4.3.2 Calibración de Ruta.**

Este proceso es aplicado a la capa 01\_TRAMOVIA con el fin de asignar valores de medida a lo largo de su polilínea, para esto se utiliza la herramienta *Route Editing* del editor de ArcGIS. Para poder realizar este proceso es necesario conocer la longitud 2d de cada tramo vial analizado y su finalidad es poder realizar la conversión de los elementos tipo punto a tipo línea, mediante la herramienta *Locate Features Along Routes*.

#### **4.3.3 Transformación de tipo de elementos.**

Como fue mostrado anteriormente algunas de las capas requieren de una conversión a formato *LineString* por medio de la herramienta *Locate Features Along Routes* la cual localiza las características de una ruta interceptando los puntos de otra capa a lo largo de la polilínea, es decir genera una nueva polilínea con las mismas propiedades geométricas y con las propiedades de la nueva capa. Esto se logra por medio de una tabla en formato DBase que contiene los atributos de la nueva capa y las abscisas correspondientes a cada punto.

Los atributos de la nueva capa son los requeridos de acuerdo a la Resolución 1067 de 2015, adicionando la abscisa inicial y final para cada elemento, así como también un nombre guía que identifique únicamente esa polilínea. Estos últimos tres elementos serán eliminados posteriormente ya que no hacen parte de los atributos solicitados dentro de la resolución.

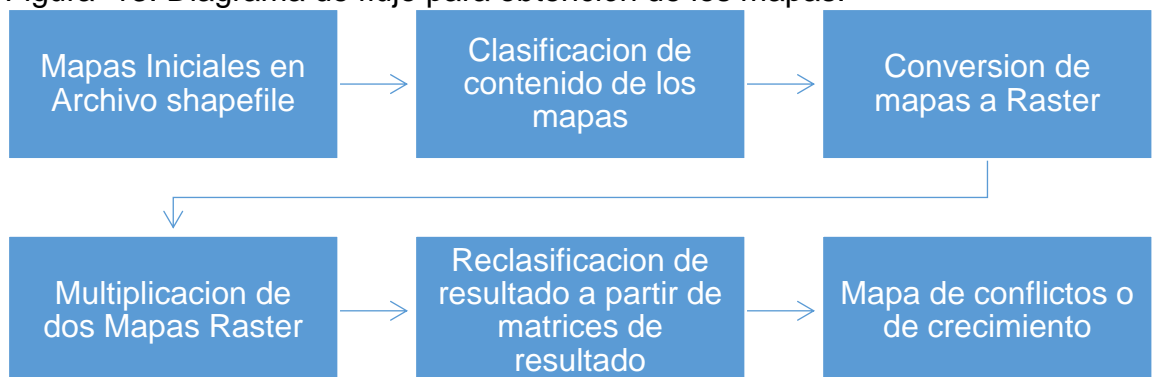
En el caso de los paramentos se realizan elementos paralelos a la capa 01\_TRAMOVIA y su transformación a polilínea se efectúa de igual forma como las anteriores capas.

#### 4.3.4 Análisis multicriterio del área urbana de Tunja.

El análisis multicriterio se realiza inicialmente mediante el análisis temporal de los usos prediales presentados en los años 2014 y 2017 para el área urbana de la ciudad de Tunja, evidenciando los crecimientos que presenta la ciudad, así mismo los sectores en los que se tiende a realizar el crecimiento de la ciudad. De esta manera se realiza la comparación con los diferentes mapas contemplados en la actualización del POT, como lo son los suelos de protección, amenazas de inundación y encharcamiento, y amenaza de erosión urbana, para finalmente evidenciar las zonas que ha crecido la ciudad con un adecuado uso de los suelos, viéndolo de una manera más simple, las zonas en las que no se presenta ningún conflicto con los mapas de conflictos y se compara con el mapa de crecimiento urbano proyectado por e POT, para ello se generan cinco mapas:

1. Mapa de Crecimiento Urbano real.
2. Mapa de Conflictos con Usos de Protección.
3. Mapa de Conflictos con Inundación y Encharcamiento.
4. Mapa de Conflictos con Erosión.
5. Mapa de Conflictos y Crecimiento.

Figura 13. Diagrama de flujo para obtención de los mapas.



Fuente: Elaboración Propia

Para el análisis y procesamiento de información se utilizó el software ArcGIS, que permite interactuar, analizar e interpretar los mapas georreferenciados utilizados. Los Raster creados durante el análisis multicriterio se utiliza un valor de pixel de 1 m, este valor es tomado teniendo en cuenta criterios de medidas estándar de los prediales, la precisión de los mapas base de referencia y la precisión deseada por el autor. En la figura 13 se determina la metodología a seguir durante la elaboración de los mapas, ilustrando la forma en la que se obtienen.

#### **4.3.4.1 Mapa de crecimiento urbano**

A partir de los mapas prediales proporcionados por la Alcaldía se busca evaluar el crecimiento del área urbana en tres áreas principales como son residencial, comercial e industrial. Con este fin se buscó unificar el criterio de los usos prediales encontrados en las bases de datos proporcionadas, separando los predios en cinco tipos: Lotes, Residencial, Comercial, Industrial e Institucional. En las bases de datos del 2014 y 2017 se encontraron 11 tipos de usos lo cuales fueron reclasificados y posteriormente convertidos a *Raster* mediante la herramienta *Polygon to Raster*, asignándoles un valor de numero primo para facilitar su análisis. Los cinco usos reclasificados son creados a partir de las consideraciones aplicadas en POT en cuanto a los tipos de usos existentes en la ciudad, y son considerados los usos principales a tener en cuenta dentro del desarrollo y proyección de las ciudades.

En la tabla 4 se muestran los usos de suelos que pertenecen a la reclasificación mencionada anteriormente, esta reclasificación se determina en base a los usos tipológicos dados en el Artículo 67 del Decreto 241 de 2014 de la Alcaldía de Tunja<sup>6</sup> y en la cual se identifican los valores que llegan a tener durante la elaboración de los Raster.

---

<sup>6</sup> ALCALDÍA DE TUNJA. Decreto 0241 de septiembre de 2014. Artículo 67. Usos tipológicos.

Tabla 4. Reclasificación de los usos

USO RECLASIFICADO	USO PREDIAL	RASTER 2014	RASTER 2017
LOTES	LO Lote	2	17
	RU Rural		
	UE Lote urbanizable no edificado		
	UU Lote urbanizable no urbanizado		
RESIDENCIAL	RE Residencial	5	19
	MI Mixto*		
COMERCIAL	PC Predial Comercial	7	23
	PF Predial Financiero		
	MI Mixto*		
INDUSTRIAL	PI Predio Industrial	11	29
INSTITUCIONAL	EP Empresa Pública	13	31
	PS Predio de Servicios		

Fuente: Elaboración Propia

\*Los usos de suelos mixtos presentes serán evaluados y de acuerdo al área de mayor uso serán asignados

Realizado esto en los dos prediales (2014 y 2017) se utiliza la herramienta *Raster Calculator* para multiplicar los valores asignados a cada uso, de esta manera se obtiene un mapa de crecimiento que proporciona cinco tipos de información, el crecimiento residencial, crecimiento comercial, crecimiento industrial, crecimiento institucional y por último los lotes no construidos que permiten un posterior crecimiento en cualquiera de los demás usos mostrados. Esto último se logra mediante la herramienta *Reclassify* que permite asignarle un nuevo valor a cada uno de los resultados obtenidos durante la multiplicación de los valores. Estos valores serán dados en el capítulo 7 de acuerdo a los resultados obtenidos, siguiendo los lineamientos dados en el diagrama de flujo para la elaboración de los mapas.

#### 4.3.4.2 Mapa de conflicto con usos de protección.

Este mapa se genera a partir del mapa de Usos de protección del POT, que recopila las áreas de conservación y protección ambiental, áreas de protección infraestructura para servicios públicos, áreas de conservación monumental y taludes inestables, los cuales están descritos determinados en la tabla 5.

Tabla 5. Suelos de Protección en Tunja

ÁREAS DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN AMBIENTAL	
Tipo	Elemento
Áreas forestales protectoras	Se establece como rondas para los humedales urbanos 30 metros al interior del área delimitada.
	Para ríos La Vega y Jordán, se establece una ronda de protección de 30 metros acorde con el mapa de clasificación de suelos.
	Para las quebradas La Cascada, San Antonio, El Triunfo, La Colorada, La Cebolla, La Picota se establece una ronda de protección de 30 metros.
	Para el pozo de Donato UPTC y los nacimientos de agua ubicados en el norte de la ciudad, se establece una ronda de protección de acuerdo al mapa de clasificación del suelo.
Áreas de especial importancia eco sistémica	Humedales: Tejares del Norte, La Cascada, Fuente Chiquita, Parque Recreacional, Colegio la Presentación, La Cabaña, El cobre.
	Ríos: La Vega y Jordán.
	Quebradas: La Cascada, San Antonio, El Triunfo, La Colorada, La Cebolla, La Picota.
	Pozos: Espejo de agua Pozo UPTC y nacimientos de agua en el extremo norte de la ciudad.
ÁREAS DE PROTECCIÓN INFRAESTRUCTURA PARA SERVICIOS PÚBLICOS	
Tipo	Elemento
Estaciones de bombeo pozos profundos	Pozos: San Francisco, Fuente I, Bolívar, UPTC, Remonta, Caminos Vecinales, Belalcázar, Pensilvania, Cooservicios 1, Cooservicios 2, San Antonio, Silvino, Batallón, Batallón 2, Estadio, Parque Recreacional.
ÁREAS DE CONSERVACIÓN MONUMENTAL	
Tipo	Elemento
Elementos históricos	Centro histórico, Iglesia y Convento de Nuestra Señora del Topo, Iglesia de San Lázaro, Estación del ferrocarril (Frente a UPTC), Estación de ferrocarril (Frente al Terminal de transporte), Puente de Boyacá, La Piedra de Bolívar, La Fuente Chiquita, La Ruta Libertadora, Pozo de Donato, Los Cojines del Zaque, UPTC
ÁREAS DE AMENAZA ALTA	
Tipo	Elemento



Erosión hídrica superficial y sub-superficial	Sectores identificados como cárcavas activas en los Barrios: Villa Luz, Santa Rita, La Granja, Bolívar, Estancia del Roble, 20 de Julio, Costado sur occidental de Limbania, Paraíso, Milagro- costado norte del Ricaurte, Colinas de San Fernando, Cortijo, Mirador Escandinavo, Los Andes, Sol de Oriente – San Antonio y la Villita 2, Barrio El Carmen sobre la carrera 16
Inundación y encharcamiento	Valles del Río Jordán y La Vega, afectando la totalidad de los Barrios: Villa Olímpica, Doña Limbania, La María, Conjunto Residencial Los Urapanes, Urbanización Villa Universitaria, Urbanización Los Lirios, Mesopotamia, La Pradera, Pozo de Donato, Santa Inés, Remansos de Santa Inés, Remansos de la Sabana, Terrazas de Santa Inés, Quince de Mayo y las Quintas de Tunja. Así como en los sectores Villa Bachue, Doña Eva, Bochica, El Jordán, Los Patriotas, Fuente Higueras y Jorge Eliecer Gaitán.

Fuente: Decreto 0241 de 2014 de la Alcaldía de Tunja, Artículos 28 y 33.

El mapa de usos de protección es cotejado con un mapa de elementos construidos, este último es generado a partir del mapa predial de 2017, en donde se reclasifican los prediales diferenciándolos entre lotes y los demás usos, donde los lotes son los elementos no construidos y los demás son los elementos construidos.

Tabla 6. Valores de Raster en mapa de conflictos con usos de protección.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	RASTER	DESCRIPCIÓN
Usos de Protección	Raster a partir del mapa 01_Clasificación del suelo urbano	2	Corredor vial sub-urbano, Corredor vial sub-urbano Industrial, Suelo Urbano, Suelos sub-urbano, Suelo rural
		5	Protección
Elementos construidos	Raster a partir del predial 2017	7	Elementos no construidos
		11	Elementos construidos

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.4.3 Mapa de conflicto con inundación y encharcamiento.

El mapa de conflicto con inundación y encharcamiento es creado a partir del Mapa de Amenaza de inundación urbana y el mapa de elementos construidos, ambos mapas son convertidos a elementos Raster, asignándoles los valores de Raster mostrados en la Tabla 7 mostrada a continuación:

Tabla 7. Valores Raster en mapa de conflictos con inundación y encharcamiento.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	RASTER	DESCRIPCIÓN
Amenaza de Inundación	Raster a partir del mapa 05_Amenaza por inundación urbana	2	Amenaza Baja
		5	Amenaza Media
		7	Amenaza Alta
Elementos construidos	Raster a partir del predial 2017	7	Elementos no construidos
		11	Elementos construidos

Fuente: Elaboración Propia

Estos elementos son reclasificados para así formar zonas de conflicto debido a la amenaza de inundación alta en los que se encuentran edificaciones, zonas sin amenaza de inundación alta en las que se pueden realizar nuevas edificaciones y zonas sin amenaza de inundación alta que ya están construidas.

#### 4.3.4.4 Mapa de conflicto con erosión urbana.

El mapa de conflicto de erosión urbana es creado a partir del Mapa de Amenaza de erosión urbana y el mapa de elementos construidos, ambos mapas son convertidos a elementos Raster, asignándoles los valores de Raster mostrados en la Tabla 8 en la cual se puede apreciar los diferentes valores asignados para cada una de las propiedades que hacen parte de los mapas.

Tabla 8. Valores de Raster en mapa de conflictos con erosión.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	RASTER	DESCRIPCIÓN
Amenaza de Erosión	Raster a partir del mapa 04_Amenaza por erosión urbana	2	Amenaza Baja
		5	Amenaza Media
		7	Amenaza Alta
Elementos construidos	Raster a partir del predial 2017	7	Elementos no construidos
		11	Elementos construidos

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente estos elementos son reclasificados para así formar zonas de conflicto debido a la amenaza de erosión alta en los que se encuentran edificaciones, zonas

sin amenaza de erosión alta en las que se pueden realizar nuevas edificaciones y zonas sin amenaza de erosión alta que ya están construidas.

#### **4.3.4.5 Mapa de conflictos y crecimientos.**

El mapa de conflictos es creado a partir de la unión de los cuatro mapas creados durante el análisis multicriterio y tiene como finalidad mostrar las zonas de crecimiento que se ha presentado en los últimos años en contraste con las zonas donde no se debería estar creciendo debido a alguno de los conflictos en el uso de suelos mencionados, así como también aquellas zonas de crecimiento urbano que se encuentran en un apto uso de los suelos y finalmente realizar la comparación de estos crecimientos encontrados con lo contemplado en el POT.

## 5. ESTRUCTURACIÓN DE LA BASE DE DATOS GEORREFERENCIADA

La estructuración de la base de datos se basa principalmente de acuerdo a lo requerido en la resolución 1067 de 2015 del Ministerio de Transporte, en la cual se orienta a los usuarios con el fin de garantizar la transmisión de información precisa y confiable para la toma de decisiones y para la determinación de áreas de exclusión del sistema nacional, a su vez sirve como lineamiento principal para proporcionar información al Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras SINC.<sup>7</sup>

Adicional a estos requerimientos se vio necesario mejorar algunos de los elementos solicitados debido a que la resolución está enfocada hacia la realización de inventarios viales rurales es decir vías primarias, secundarias y terciarias, mas no para vías urbanas. Las capas modificadas y creadas son nombradas en los numerales del presente capítulo, en donde a continuación de se muestran las capas que se contemplan dentro de la estructuración de la base de datos y a las que se le realizan alguna modificación o que son adicionadas dentro de la resolución.

Tabla 9. Características de las capas de parámetros

NOMBRE	TIPO DE GEOMETRÍA	SISTEMA DE COORDENADAS	TIPO DE ADICIÓN
01_TRAMOVIA	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Estable
02_BERMA	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Estable
03_SECCIONTRANSVERSAL	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Modificado
04_SEPARADOR	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Estable
05_TIPOTERRENO	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Estable
06_PUENTE	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Estable
07_MURO	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Estable
08_TUNEL	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Estable
09_ESTACIONPESAJE	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Estable

<sup>7</sup> MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 1067 de 2015. Capítulo 1. Antecedentes.

NOMBRE	TIPO DE GEOMETRÍA	SISTEMA DE COORDENADAS	TIPO DE ADICIÓN
10_INTERSECCION	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Estable
11_PEAJE	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Estable
12_SITIOCRITICOACCIDENTALIDAD	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Estable
13_SITIOCRITICOINESTABILIDAD	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Estable
14_SENALHORIZONTAL	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Modificado
15_SENALVERTICAL	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Modificado
16_DANOFLEXIBLE	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Modificado
17_DANORIGIDO	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Modificado
18_DANOAFIRMADO	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Modificado
19_DANODESTAPADO	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Adicionada
20_PARAMENTOPAR	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Adicionada
21_PARAMENTOIMPAR	<i>LineString</i>	MAGNA Colombia Bogotá	Adicionada

Fuente: Elaboración Propia

Dentro del presente proyecto se contempla la elaboración de la base de datos la cual se encuentra dentro de los anexos, sin embargo la toma de datos se realizó en base a resolución 1067 de 2015 del Ministerio de Transporte.

## 5.1 SECCIÓN TRANSVERSAL

Esta capa posee un tipo de geometría *LineString* y su sistema de referencia espacial es MAGNA (EPSG: 4686). Su modificación se refiere principalmente a la adición de los tipos de superficie de calzada debido a que en campo se encontraron diferentes tipos de calzada, su componente alfanumérico se encuentra recopilado a continuación:

Tabla 10. Componente alfanumérico de la capa de Sección Transversal.

NOMBRE	TIPO	DETALLES
TIPOSUPCAL	Numérico	Tipo de superficie de la calzada: 1-Destapado 2-Afirmado

NOMBRE	TIPO	DETALLES
		3-Pavimento Asfáltico 4-Tratamiento Superficial 5-Pavimento Rígido 6-Pavimnto Articulado 7-Placa Huella 8-Pavimento Mixto

Fuente: Elaboración Propia a partir de la resolución 1067 de 2015 del Ministerio de Transporte

El pavimento mixto se refiere a las vías que sus carriles se encuentran con diferente tipo de material para lo cual será necesario realizar las observaciones pertinentes. Este tipo de pavimento se encuentra en algunas de las vías urbanas de la ciudad de Tunja por lo cual se vio necesario su adición dentro de la base de datos, sin embargo esta práctica no se recomienda.

## 5.2 SEÑAL HORIZONTAL

Esta capa posee un tipo de geometría LineString y su sistema de referencia espacial es MAGNA (EPSG: 4686). Su modificación se refiere a la adición del estado en el cual se encuentran las señales de acuerdo a inspección visual, evaluando el desgaste que puede tener; su componente alfanumérico modificado se encuentra recopilado a continuación:

Tabla 11. Componente alfanumérico modificado de la capa de Señal Horizontal.

NOMBRE	TIPO	DETALLES
LADO	Numérico	Lado de ubicación de la señal: 1-Derecha 2-Izaquierda
ESTADO	Numérico	Estado y visibilidad de la señal: 1 – Bueno 2 – Regular 3 – Malo

Fuente: Elaboración propia.

Las señales horizontales de acuerdo a su tipo fueron identificadas, nombradas y recopiladas en el siguiente cuadro:

Tabla 12. Tipos de Señales Horizontales.

TIPO DE SEÑAL	DESCRIPCIÓN
Longitudinal	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Líneas centrales</li> <li>-Líneas de borde de pavimento</li> <li>-Líneas de carril</li> <li>-Líneas de separación de rampas de entrada o de salida</li> <li>-Demarcación de zonas de adelantamiento prohibido</li> <li>-Demarcación de bermas pavimentadas</li> <li>-Demarcación de canalización</li> <li>-Demarcación de transiciones en el ancho de calzada</li> <li>-Demarcación de aproximación a obstrucciones</li> <li>-Demarcación de aproximación a pasos de nivel</li> <li>-Demarcación de líneas de estacionamiento</li> <li>-Demarcación de uso de carril</li> <li>-Demarcación de carriles exclusivos para buses</li> <li>-Demarcación de paraderos de buses</li> <li>-Demarcación de carriles de contraflujo</li> <li>-Flechas</li> </ul>
Transversal	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Demarcación de líneas de “pare”</li> <li>-Demarcación de pasos peatonales</li> <li>-Demarcación de ceda el paso</li> <li>-Líneas antibloqueo</li> <li>-Símbolos y letreros</li> </ul>
Borde-sardinel	Se refiere a la demarcación en bordillos o sardineles que indiquen riesgo o encruzamientos
Objeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Dentro de la vía</li> <li>-Adyacentes a la vía</li> </ul>

Fuente: Manual de señalización vial del Ministerio de Transporte Capítulo 3.

### 5.3 SEÑAL VERTICAL

Esta capa posee un tipo de geometría LineString y su sistema de referencia espacial es MAGNA (EPSG: 4686). Su modificación se refiere principalmente a la adición del estado de la señal vertical, en el cual se evalúa su nivel de desgaste y visibilidad, el componente alfanumérico adicional se muestra a continuación:

Tabla 13. Componente alfanumérico adicional de la capa de Señal Vertical.

NOMBRE	TIPO	DETALLES
LADO	Numérico	Lado de ubicación de la señal: 1-Derecha 2-Izaquierda
ESTADO	Numérico	Estado y visibilidad de la señal: 1 – Bueno 2 – Regular 3 – Malo

Fuente: Elaboración propia.

## 5.4 DAÑO FLEXIBLE

Esta capa posee un tipo de geometría LineString y su sistema de referencia espacial es MAGNA (EPSG: 4686). Su modificación se refiere a la adición de tipos de daños presentados en comparación con la metodología de la PCI. El componente adicional alfanumérico se encuentra a continuación:

Tabla 14. Componente alfanumérico modificado de la capa de Daño Flexible.

NOMBRE	TIPO	DETALLES
NUMCARRIL	Numérico	Número de carril de ocurrencia del daño: 1-Derecha 2-Izquierda 3-Ambos carriles
CODDANO	Numérico	Código del daño: 1-Deformaciones por Ahuellamiento (mm) 2-Deformaciones por Asentamiento transversal (mm) 3-Deformaciones por Asentamiento transversal (m <sup>2</sup> ) 4-Deformaciones por Abultamientos (m <sup>2</sup> ) 5-Deformaciones por Desplazamiento de borde (m <sup>2</sup> ) 6-Deformaciones por Media Luna (m <sup>2</sup> ) 7-Deformaciones por Hundimientos (m <sup>2</sup> ) 8 -Desprendimientos por Descaramientos (m <sup>2</sup> ) 9 -Desprendimientos por Ojo de pescado (m <sup>2</sup> ) 10-Desprendimiento de borde (m <sup>2</sup> ) 11-Desprendimientos por Perdida de ligante (m <sup>2</sup> )



NOMBRE	TIPO	DETALLES
		12-Desprendimientos por Perdida de agregados (m <sup>2</sup> ) 13-Fisuras Longitudinales (m <sup>2</sup> ) 14-Fisuras Transversales (m <sup>2</sup> ) 15-Fisuras por media luna (m <sup>2</sup> ) 16-Fisuras de Junta (m <sup>2</sup> ) 17-Fisuras Parabólicas (m <sup>2</sup> ) 18-Fisuras en Bloque (m <sup>2</sup> ) 19-Fisuras por piel de cocodrilo (m <sup>2</sup> ) 20-Baches (m <sup>2</sup> ) 21-Cabezas Duras (m <sup>2</sup> ) 22-Pulimento (m <sup>2</sup> ) 23-Exudación (m <sup>2</sup> ) 24-Afloramiento (m <sup>2</sup> ) 25-Surcos (m <sup>2</sup> ) 26-Grieta de reflexión de junta (m) 27-Desnivel carril / Berma (m) 28-Parcheo (m <sup>2</sup> ) 29-Cruce de vía férrea (m <sup>2</sup> )

Fuente: Elaboración Propia a partir de la resolución 1067 de 2015 del Ministerio de Transporte

## 5.5 DAÑO RÍGIDO

Esta capa posee un tipo de geometría LineString y su sistema de referencia espacial es MAGNA (EPSG: 4686). Su modificación es el componente de carril en cuanto se especifica el componente numérico. El componente modificado alfanumérico se encuentra recopilado a continuación:

Tabla 15. Componente alfanumérico modificado de la capa de Daño Rígido.

NOMBRE	TIPO	DETALLES
NUMCARRIL	Numérico	Número de carril de ocurrencia del daño: 1-Derecha 2-Izquierda 3-Ambos carriles

Fuente: Elaboración Propia a partir de la resolución 1067 de 2015 del Ministerio de Transporte

## 5.6 DAÑO DESTAPADO

Esta capa no se encuentra contemplada dentro de la resolución y se incluye debido a la existencia de daños en vías en las cuales no se les ha realizado un mejoramiento. Su tipo de geometría es *LineString*, sistema de referencia espacial MAGNA (EPSG: 4686), será presentada en dimensiones de longitud, latitud y altura y sus unidades serán de Grados (°) para la latitud y longitud, y de metros (m) en el caso de la altura. EL componente alfanumérico se relaciona a continuación:

Tabla 16. Componente alfanumérico de la capa de Daño Destapado.

NOMBRE	TIPO	DETALLES
CODIGO VIA	Texto	Nomenclatura actual de la vía registrada
CODIGO ENT	Texto	Nomenclatura propuesta dentro de la nueva modificación al POT
FECHA	Texto	Fecha de registro la vía en formato AAAA-MM-DD
NUMCARRIL	Número	Número de carril de ocurrencia del daño: 1-Derecha 2-Izquierda 3-Ambos carriles
CODDANO	Número	Código del daño: 1-Baches 2-Áreas erosionadas 3-Ondulaciones o rizados 4-Ahuellamiento
MEDDANO	Número	Longitud del daño tomada paralelamente al eje de la vía, medida en metros
PRINI	Número	Kilómetro inicial
DISTPRINI	Número	Metros después del kilómetro inicial
PRFIN	Número	Kilómetro final
DISTPRFIN	Número	Metros después del kilómetro final
OBSERVACION	Número	Observaciones que se deseen reportar
DEPARTAM	Número	Código DANE del departamento
MUNICIPIO	Número	Código DANE del municipio

Fuente: Elaboración Propia a partir de la resolución 1067 de 2015 del Ministerio de Transporte

## 5.7 PARAMENTOS

Estas dos capas se componen de las características geométricas presentes a cada uno de los lados de los ejes viales, tomados a partir del eje de la vía y por lo cual se dividen. Tiene una geometría de tipo LineString y en la cual sus datos serán ingresados sobre elementos paralelos a los lados de la vía. Sus características se resumen en el siguiente recuadro:

Tabla 17. Características de las capas de paramentos

NOMBRE	TIPO DE GEOMETRÍA	SISTEMA DE COORDENADAS	LADO	SENTIDO
20_PARAMENTOPAR	LineString	MAGNA Colombia Bogotá	Derecho	Sur a Norte y Oriente a Occidente
21_PARAMENTOIMPAR	LineString	MAGNA Colombia Bogotá	Izquierdo	Sur a Norte y Oriente a Occidente

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto al componente alfanumérico de estas capas se demuestra en la siguiente tabla:

Tabla 18. Componente alfanumérico de la capas de Paramentos.

NOMBRE	TIPO	DETALLES
CODIGO VIA	Texto	Nomenclatura actual de la vía registrada
CODIGO ENT	Texto	Nomenclatura propuesta dentro de la nueva modificación al POT
FECHA	Texto	Fecha de registro la vía en formato AAAA-MM-DD
BARRIO	Texto	Nombre del barrio al cual pertenece el predio
SECTOR	Texto	Número de sector al cual pertenece el predio
PRINI	Numérico	Kilómetro inicial
DISTPRINI	Numérico	Metros después del kilómetro inicial
PRFIN	Numérico	Kilómetro final
DISTPRFIN	Numérico	Metros después del kilómetro final
LONGITUD	Numérico	Longitud tridimensional del predio paralelo al eje de la vía
ANCHOSEP	Numérico	Mitad del ancho de separador de la vía (m)
ANCHOCAL	Numérico	Mitad del ancho de calzada de la vía (m)

NOMBRE	TIPO	DETALLES
ANCHOBERMA	Numérico	Ancho de la berma (m)
ANCHOCUNET	Numérico	Ancho de cuneta (m)
ANCHOANDEN	Numérico	Ancho del andén (m)
ANCHOANTEJ	Numérico	Ancho del antejardín (m)
ANCHOZVERD	Numérico	Ancho de la zona verde (m)
ANCHOBABIA	Numérico	Ancho de la bahía (m)
ANCHOPARQ	Numérico	Ancho del parqueadero (m)
PARAMENTO	Numérico	Sumatoria de ANCHOSEP + ANCHOCAL + ANCHOBERMA + ANCHOCUNET + ANCHOANDEN + ANCHOANTEJ + ANCHOZVERD + ANCHOBABIA + ANCHOPARQ
PARMEXG	Numérico	
MANZANA_CO	Texto	Código de manzana en la cual se encuentre el predio
CODIGOP	Texto	Código predial
NOMBRE	Texto	Nombre del propietario o los propietarios del predio
DIRECCION	Texto	Dirección del predio
MATRICULA_	Texto	Número de matrícula del predio
ESTRATO	Numérico	Estrato del predio correspondiente al lado analizado
USO_PREDIA	Texto	Abreviatura del uso predial: LO – Lote RE – Residencial PC – Predio Comercial PS – Predio de Servicios PI – Predio Industrial EP – Empresa Pública PF – Entidad Financiera MI – Mixto
FOTO	Hipervínculo	Hipervínculo de la foto actualizada correspondiente al predio
OBSERVACION	Numérico	Observaciones que se deseen reportar
DEPARTAM	Numérico	Código DANE del departamento
MUNICIPIO	Numérico	Código DANE del municipio

Fuente: Elaboración Propia.

## 6. SECTOR 10 NORTE ALTO DE TUNJA

La prueba piloto se realizó la semana del 8 al 11 de mayo en el sector 5, donde se efectuó el levantamiento de 19.1 km de tramos viales recolectando la información requerida por la norma como lo es la sección transversal de la vía junto con los paramentos correspondientes a cada predio, además de los registrar las señales y daños en la vía presentes. Durante este periodo de prueba se realizaron ajustes en cuanto a la toma de datos y la forma en la cual fueron procesados.

De igual manera en el presente capítulo se realiza el análisis de las principales capas recolectadas en el sector norte alto de la zona urbana de Tunja, según la metodología expuesta en el capítulo 4 y a los requerimientos de la resolución 1067 de 2015 del Ministerio de Transporte.

### 6.1 TRAMO VÍA

Los elementos registrados en este sector corresponden a malla vial local debido a que no se tuvo en cuenta lo registrado en la carrera 6 (Avenida Norte) en los proyectos anteriores. En este sector se realizó el levantamiento de 24978 m de vías georreferenciadas. Dentro del *Anexo A. Mapa 02 Malla Vial Levantada*, se identifican los tramos viales que fueron georreferenciados dentro de este proyecto identificándolos de acuerdo a la nomenclatura actual que se presenta.

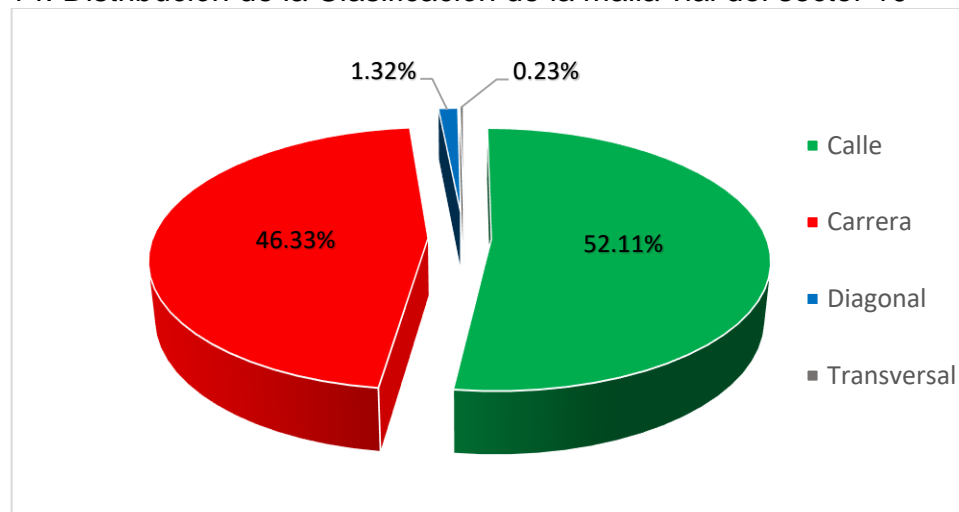
Tabla 19. Componentes viales del sector norte alto de Tunja.

TIPO DE VÍA	LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
Calle	13016	52.11%
Carrera	11573	46.33%
Diagonal	331	1.32%
Transversal	58	0.23%
<b>TOTAL</b>	<b>24978</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Tal como se observa en la tabla 19 el 52.11% de las vías levantadas corresponden a Calles, el 46.33% a carreras lo que demuestra una falta de planeación y estructuración vial debido a que no existen elementos suficientes que conecten a las calles y carreras de una mejor manera y de esta manera poder mejorar la movilidad dentro del sector. En contraste a la gran cantidad de calles y carreras se encuentran las diagonales y transversales que suman el 1.55% de las vías existentes en este sector. Dentro de la malla vial levantada se destaca la falta de continuidad en los tramos viales, especialmente en las carreras, debido a que cada urbanización o barrio se construyó de acuerdo a sus propias medidas, sin tener en cuenta la proyección o importancia que podrían llegar a tener dentro de la movilidad de la ciudad.

Figura 14. Distribución de la Clasificación de la malla vial del sector 10



Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente en el *Anexo A. Mapa 03 Clasificación de la malla vial*, se pueden identificar estos elementos de una mejor manera, observándose que las calles tienden a tener continuidad a lo largo del ancho del sector, mientras que en las carreras no se encuentra ningún tramo vial que sea paralelo en su totalidad a la avenida norte y que en caso de accidentes o trancones permitan dar una solución al flujo vehicular que se pueda presentar.

## 6.2 SECCIÓN TRANSVERSAL

Dentro de la sección transversal se analizaron dos factores importantes que influyen dentro de la movilidad, el estado y la conformidad de los tramos viales, como lo son el ancho de calzada y los tipos de superficie presentes en la vía.

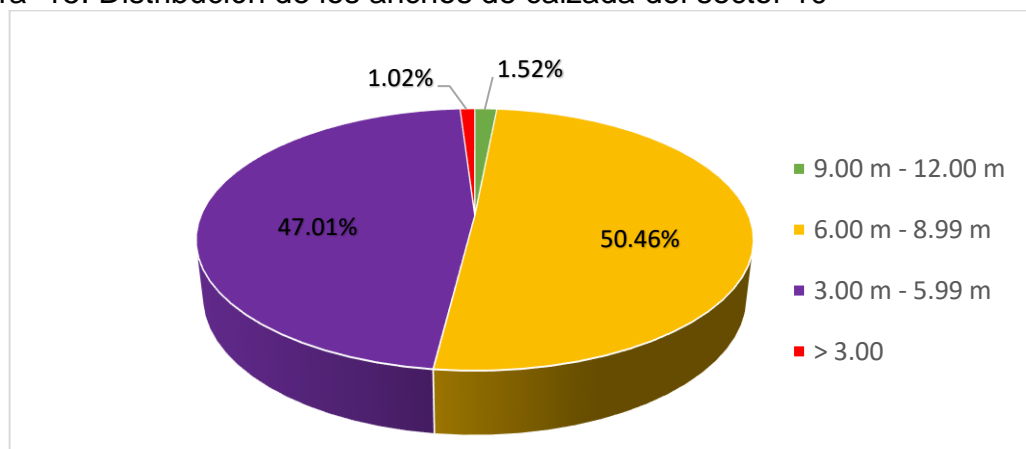
Para los anchos de calzada se encontraron elementos desde los 2.00 m de ancho hasta llegar a un máximo de 12.00 m, de donde se considera que las vías inferiores a 3.00 m, son pertenecientes a vías peatonales o pasos de herradura y corresponden a un 1.02 % de la malla vial levantada. Las vías que poseen una sección de 12.00 m corresponden a doble calzada, en la Tabla 20 se especifican los anchos de vías encontrados y las longitudes que presentan.

Tabla 20. Ancho de calzada sector norte alto de Tunja.

ANCHO DE CALZADA (m)	LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
9.00 m - 12.00 m	381	1.52%
6.00 m - 8.99 m	12603	50.46%
3.00 m - 5.99 m	11741	47.01%
> 3.00	254	1.02%
<b>TOTAL</b>	<b>24978</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 15. Distribución de los anchos de calzada del sector 10



Fuente: Elaboración Propia.

En el *Anexo A. Mapa 04 Anchos de calzada*, se pueden observar de una mejor manera los elementos analizados.

Por otra parte en tipos de superficie que más se encuentra es el pavimento flexible con un 51.51 %, sumándose el 8.72 % del pavimento rígido, y al 1.34 % del pavimento articulado, de esta manera se presenta que el 61.57 % de las vías levantadas cuentan con superficies de pavimentos aptas para la movilidad de la zona. Además se encuentra que el 25.69 % de las vías están en destapado lo que puede generar inconvenientes en el momento en que se requiera un crecimiento de la ciudad por esta zona, también se tiene que el 9.85 % se encuentran en afirmado lo que evidencia el interés por parte de las administraciones en el crecimiento de esta zona, finalmente el 2.89 % se encuentra con tratamiento superficial. Esta información se encuentra recopilada en la Tabla 21.

Tabla 21. Tipos de superficie del sector norte alto de Tunja.

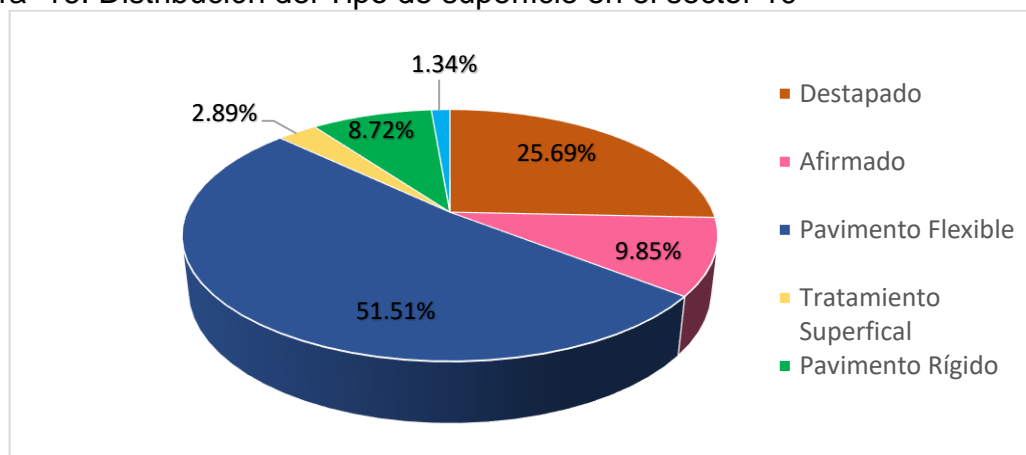
TIPO DE SUPERFICIE	LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
Destapado	6416	25.69%
Afirmado	2461	9.85%
Pavimento Flexible	12866	51.51%
Tratamiento Superficial	722	2.89%
Pavimento Rígido	2179	8.72%
Pavimento Articulado	335	1.34%
<b>TOTAL</b>	<b>24978</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

En el *Anexo A. Mapa 05 Tipos de Superficie de Calzada*, se recalca de una mejor manera la distribución de las superficies de calzada encontradas donde se tiene que la variedad de tipos de calzada no hacen distinción de acuerdo a los barrios en los que se encuentran, sin embargo si se infiere que las calzadas de destapado y afirmado se encuentran en zonas donde aún no hay gran desarrollo de viviendas.



Figura 16. Distribución del Tipo de superficie en el sector 10



Fuente: Elaboración Propia.

Dentro de la Tabla 22 se encuentran los porcentajes de acuerdo a los anchos de calzada y el tipo de superficie en los que se encuentran contruidos, donde se destaca que los anchos de calzada que son mayores a 9.00 m se encuentran en su mayoría en terreno destapado demostrando que son vías doble calzada que están proyectados dentro del crecimiento de la ciudad pero que por diferentes motivos no han podido lograrse consolidar y plasmar completamente. Por otro lado se tiene que el 47.01 % de las vías poseen un ancho de entre 3 m y 5.99 m ideal para calzadas de uno carril, mientras que el 50.46 % tienen entre 6 m y 8.99 m de ancho de calzada idóneo para calzadas de dos carriles.

Tabla 22. Anchos de calzada de acuerdo a los tipos de superficie.

TIPO DE SUPERFICIE	ANCHO DE CALZADA (m)							
	> 3.00		3.00 m-5.99 m		6.00 m-8.99 m		9.00 m-12.0 m	
	Long (m)	Porcent (%)	Long (m)	Porcent (%)	Long (m)	Porcent (%)	Long (m)	Porcent (%)
Destapado	205	0.82%	3794	15.19%	2034	8.14%	358	1.43%
Afirmado	0	0.00%	1218	4.88%	1255	5.02%	0	0.00%
Pavimento Flexible	49	0.19%	5265	21.08%	7505	30.05%	22	0.09%
Tratamiento Superficial	0	0.00%	181	0.72%	553	2.21%	0	0.00%
Pavimento Rígido	0	0.00%	1206	4.83%	985	3.94%	0	0.00%
Pavimento Articulado	0	0.00%	77	0.31%	270	1.08%	0	0.00%
<b>TOTAL</b>	<b>254</b>	<b>1.02%</b>	<b>11741</b>	<b>47.01%</b>	<b>12603</b>	<b>50.46%</b>	<b>381</b>	<b>1.52%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

### 6.3 TIPO TERRENO

Se clasificaron los tramos viales de acuerdo a los cuatro tipos de terreno descritos en el Manual de diseño Geométrico de Carreteras<sup>8</sup>, posteriormente se recopiló la información dentro de la Tabla 23 para los tipos de terreno presentes en los tramos viales levantados en el sector donde se tiene que el 34.04 % de las vías poseen una pendiente plana, desarrollada principalmente a lo largo de las carreras que se encuentran en este sector, sin embargo a lo largo de las calles predominan las pendientes escarpadas y montañosas con unos porcentajes del 31.87 % y 19.69 % respectivamente. Finalmente se observa en una menor medida la pendiente ondulada con un 14.40 % de las vías.

Tabla 23. Tipos de terreno del sector norte alto de Tunja.

TIPO DE TERRENO	PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
Escarpado	< 8.00	7960	31.87%
Montañoso	6.00 - 7.99	4918	19.69%
Ondulado	3.00 - 5.99	3597	14.40%
Plano	0.00 - 3.00	8503	34.04%
<b>TOTAL</b>		<b>24978</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

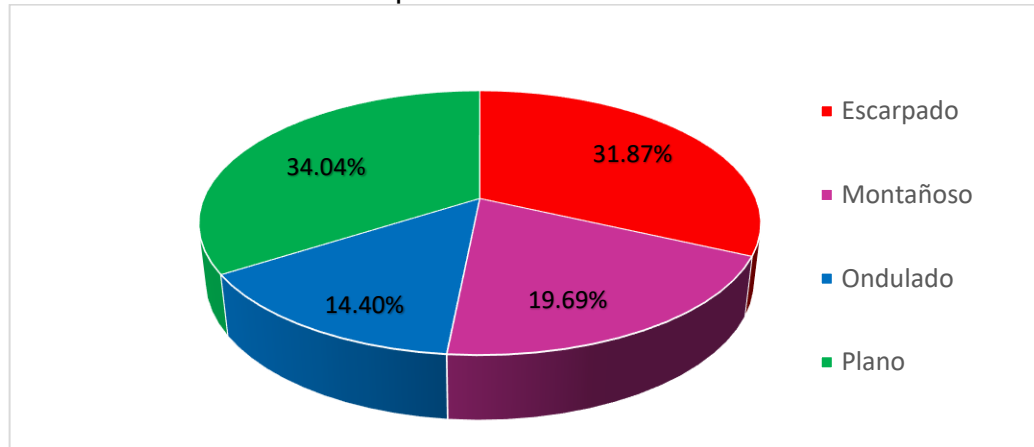
Las pendientes montañosa y escarpada son el 51.56% de las vías del sector, se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obligan a los vehículos pesados a operar a bajas velocidades sostenidas en rampa, lo cual indica que estas vías no son idóneas para el tránsito de vehículos pesados.

En el *Anexo A. Mapa 06 Tipo de Terreno*, se identifican de una mejor manera las calles y carreras que poseen cada una de las pendientes mencionadas.

---

<sup>8</sup> INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Capítulo 1.2 Clasificación de carreteras. 1.2.2 Según el tipo de terreno.

Figura 17. Distribución de los Tipos de terreno encontrados en el sector 10



Fuente: Elaboración Propia.

## 6.4 DAÑOS

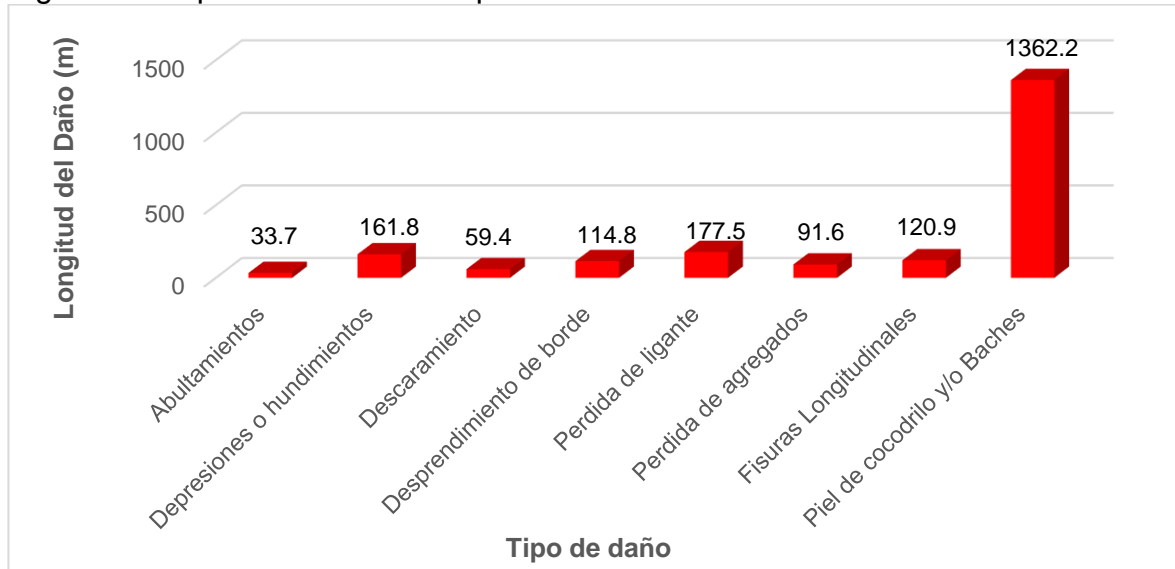
Durante la recolección de los daños se tuvieron en cuenta los lineamientos dados por la resolución 1067 de 2015 del Ministerio de Transporte la cual tiene en cuenta los daños para tres tipos de superficie los cuales son pavimento flexible, pavimento rígido y afirmado.

Los estados de pavimento fueron evaluados de acuerdo a la existencia de daños, sin embargo debido a la metodología utilizada no se evaluó la severidad de los daños a lo cual se recomienda para los estudios futuros implementar medidas de severidad acorde a metodologías avaladas por el Instituto Nacional de Vías.

### 6.4.1 Daños en Pavimento Flexible.

En los tramos del sector norte alto de Tunja se encontraron ocho tipos de daños en el pavimento flexible, de los cuales el que más se encuentra son los baches y/o piel de cocodrilo presentes en 1362.2 m, mientras que cada uno de los demás daños no superan los 200 m de vías, tal como se muestra en la Figura 18.

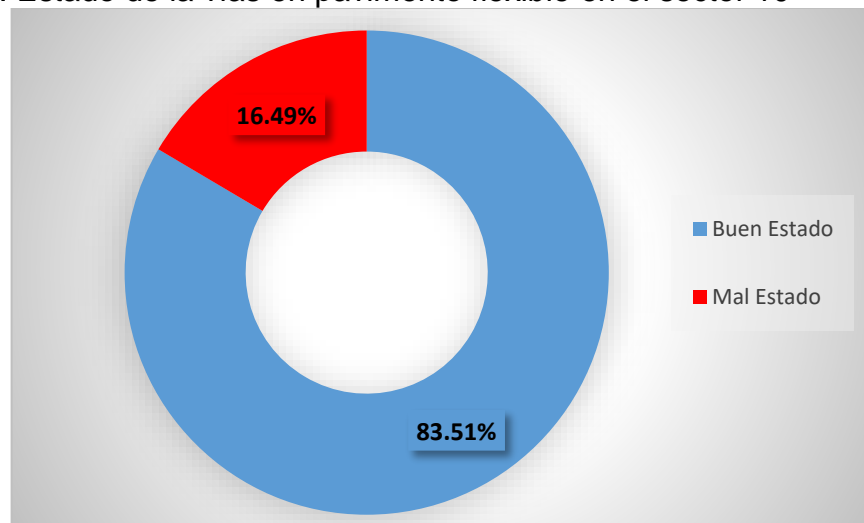
Figura 18. Tipos de daños en el pavimento flexible encontrados en el sector 10



Fuente: Elaboración Propia.

El pavimento flexible del sector posee una longitud de 12866 m de los cuales 2122 m presentan daños de algún tipo, lo que indica que el 16.49 % de este pavimento se encuentra en mal estado, mientras que el 83.51 % posee buenas condiciones de uso.

Figura 19. Estado de la vías en pavimento flexible en el sector 10

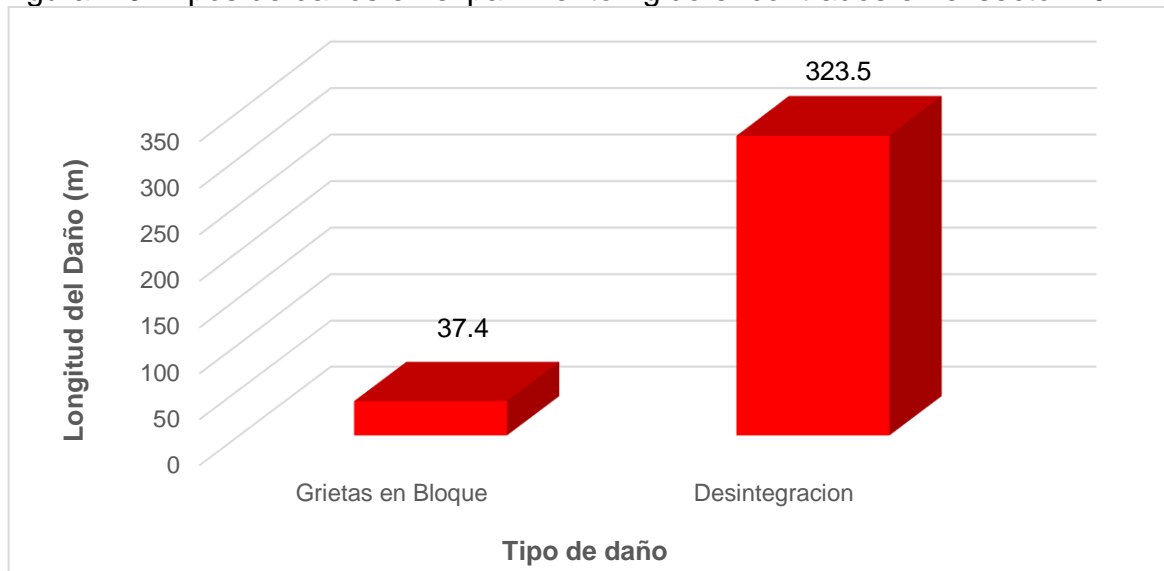


Fuente: Elaboración Propia.

#### 6.4.2 Daños en Pavimento Rígido.

Para los tramos en pavimento rígido se tiene dos tipos de daños, el primero son las grietas en bloque que presentan una longitud de 37.4 m. En segundo lugar se tienen que existen 323.5 m en estado de desintegración, este último tipo de daño describe el nivel de deterioro que presenta el pavimento.

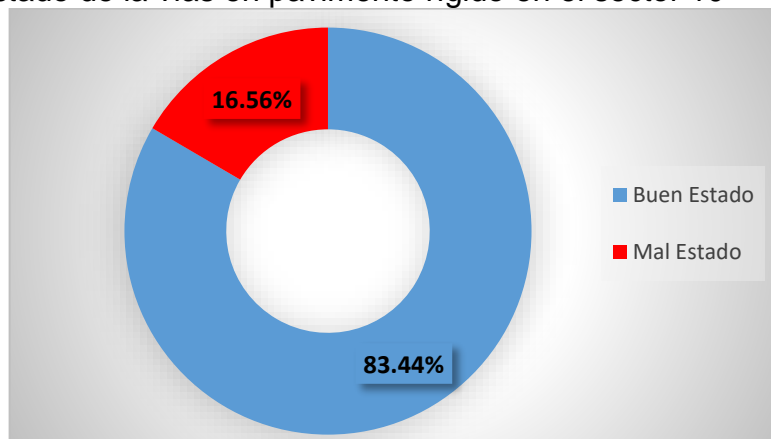
Figura 20. Tipos de daños en el pavimento rígido encontrados en el sector 10



Fuente: Elaboración Propia.

En el sector 10 se tienen 2179 m de vías en pavimento rígido de las cuales 361 m presentan daños, significando que el 16.56 % de las vías en pavimento rígido se encuentran en mal estado, mientras que el 83.44 % se encuentran en buen estado. Cabe resaltar que los tipos de daños presentados son de severidad alta, principalmente la desintegración.

Figura 21. Estado de la vías en pavimento rígido en el sector 10

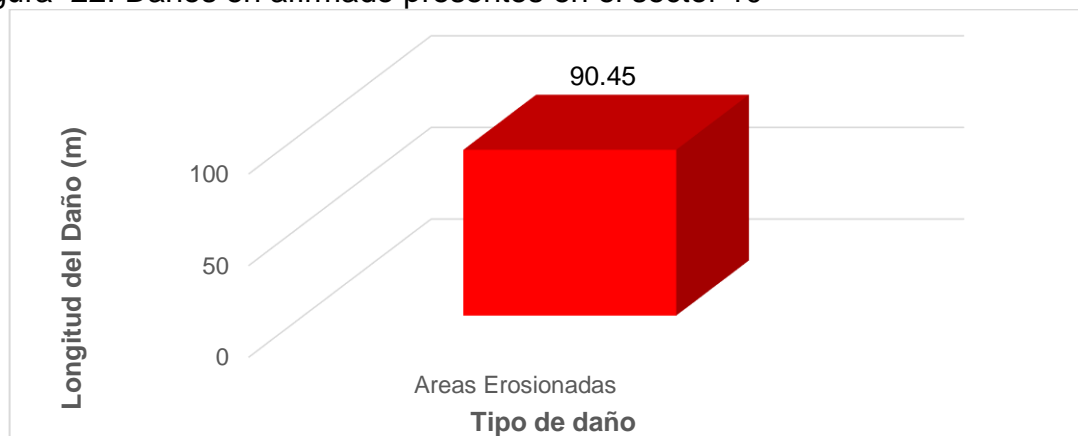


Fuente: Elaboración Propia.

#### 6.4.3 Daños en Afirmado.

En los daños en afirmado existen 90.5 m en áreas erosionadas, para un total de 2461 m de vías construidas en afirmado dentro del sector norte alto de Tunja. Dentro de este tipo de daños se destaca la existencia de sólo un tipo de daño en el afirmado, demostrando el bajo transito que poseen estas vías.

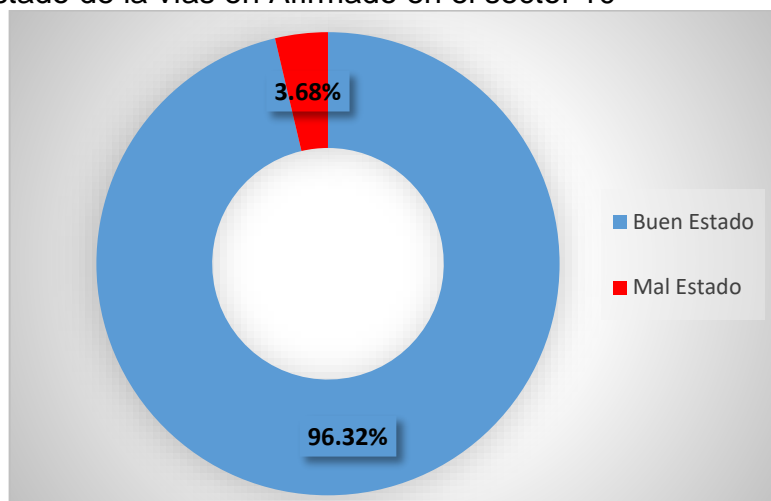
Figura 22. Daños en afirmado presentes en el sector 10



Fuente: Elaboración Propia.

Las vías en buen estado para el afirmado son el 96.32%, mientras que este las vías en mal estado corresponde al 3.68 %, como se logra apreciar en la Figura 23.

Figura 23. Estado de la vías en Afirmado en el sector 10



Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente se realiza un estado general de las vías del sector 10, para lo cual no se tuvieron en cuenta los estados de los demás tipos de superficie y se asumió que se encuentran en buen estado. En los demás tipos de superficie no se evaluaron los daños que podían presentar.

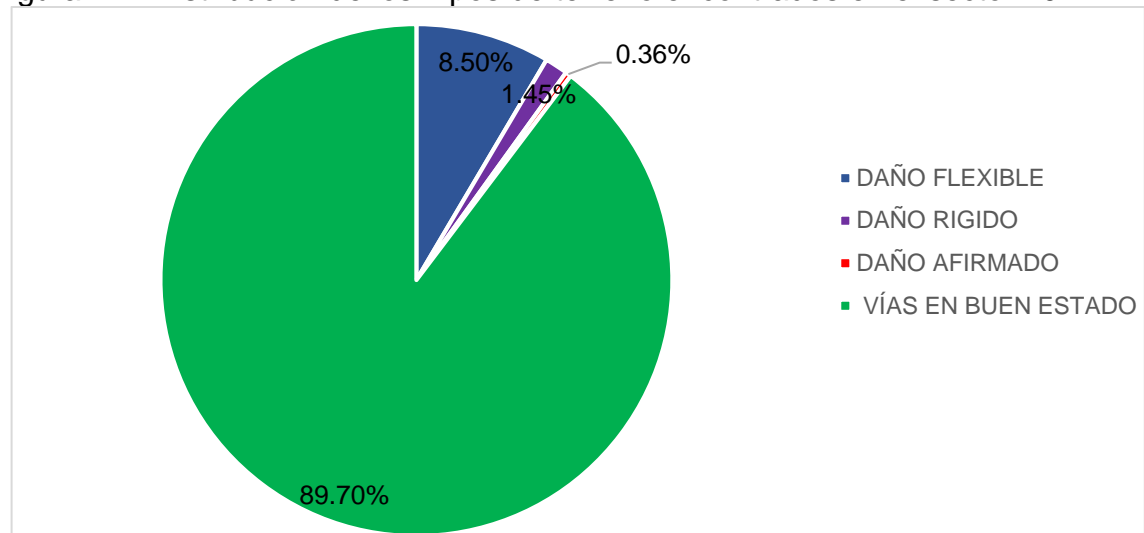
Tabla 24. Componentes viales del sector norte alto de Tunja.

DAÑO	DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE POR ELEMENTO (%)	PORCENTAJE TOTAL (%)
<b>FLEXIBLE</b>	Abultamientos	0.13%	8.50%
	Hundimientos	0.65%	
	Descaramiento	0.24%	
	Desprendimiento de borde	0.46%	
	Perdida de ligante	0.71%	
	Perdida de agregados	0.37%	
	Fisuras Longitudinales	0.48%	
	Piel de cocodrilo y/o Baches	5.45%	
<b>RÍGIDO</b>	Grietas en Bloque	0.15%	1.45%
	Desintegración	1.30%	
<b>AFIRMADO</b>	Áreas Erosionadas	0.36%	0.36%
<b>VÍAS EN BUEN ESTADO</b>		65.53%	89.70%

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente se tiene que el 89.7 % de las vías del sector se encuentran en buen estado, el 8.5 % tienen daños en pavimento flexible, el 1.45 % poseen daños en pavimentos rígidos y en una menor medida los daños en afirmado con un 0.36 %. Se puede concluir que las vías de sector norte alto de Tunja se encuentran en buen estado de funcionamiento, mientras que el 10.3 % de las vías requieren de algún tipo de mantenimiento.

Figura 24. Distribución de los Tipos de terreno encontrados en el sector 10



Fuente: Elaboración Propia.

En el *Anexo A. Mapa 07 Daños en la Calzada*, se muestra la distribución de los daños dentro del sector norte alto de Tunja

## 6.5 INTERSECCIONES

Dentro de la zona norte alta de Tunja se encontraron cuatro tipos de intersecciones tal como se muestra en la Figura 25, donde el principal tipo encontrado fue en T con 133 señales que representan el 54.3 % del total de señales, el segundo en orden fue en Cruz con 91 señales representando el 37.1 %. En una menor medida se encuentran las señales en Y, y ortogonales con el 6.5 % y el 2.0 % respectivamente,



indicando que existe conexión en su mayoría entre calles y carreras debido a que su conexión es usualmente perpendicular, es decir que se logran mediante las intersecciones en cruz, en T y ortogonales.

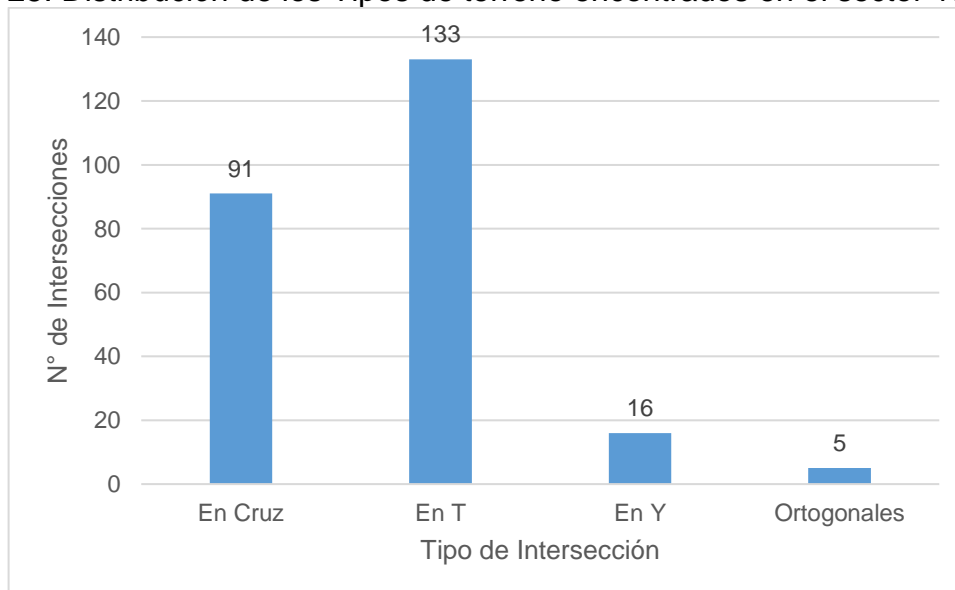
Tabla 25. Componentes viales del sector norte alto de Tunja.

TIPO DE INTERSECCIONES	N° DE INTERSECCIONES	PORCENTAJE (%)
En Cruz	91	37.1%
En T	133	54.3%
En Y	16	6.5%
Ortogonales	5	2.0%
<b>TOTAL</b>	<b>245</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

En el *Anexo A. Mapa 08 Tipos de Intersecciones*, se muestran las intersecciones mencionadas así como también se logra apreciar la distribución de estas dentro del sector norte alto de Tunja.

Figura 25. Distribución de los Tipos de terreno encontrados en el sector 10



Fuente: Elaboración Propia.

## 6.6 OTROS

Dentro de los paramentos se encuentran el paramento par y el paramento impar, que representan los paramentos presentes a lado y lado de la vía, tales como separador, calzada, berma, cuneta, andén, antejardín, zona verde, bahía y parqueadero. El paramento par proporciona información de 1827 predios con una longitud de 21882 m de estos elementos. El paramento impar consta de 1915 prediales con una longitud total de 21402 m. En el *Anexo A. Mapa 09 Paramentos*, se identifican los prediales presentados para cada uno de los prediales encontrados en el sector norte alto de Tunja.

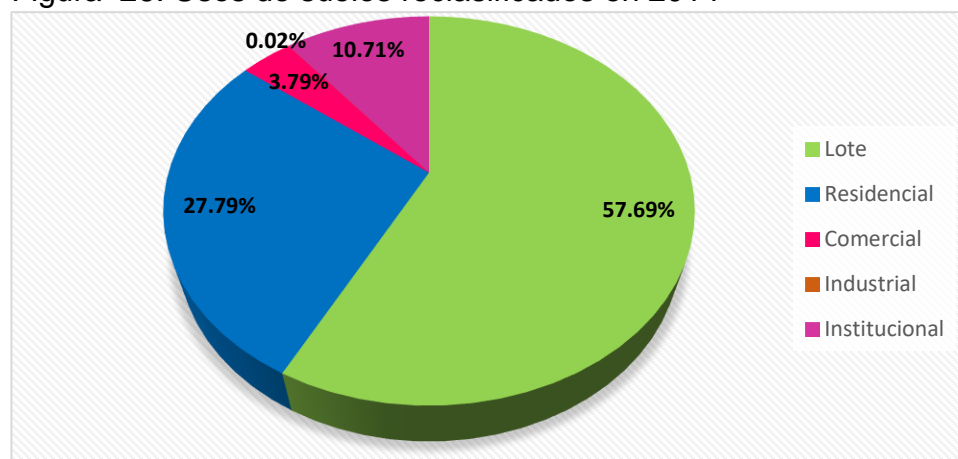
En el *Anexo A. Mapa 10 Berma, Separador, Accidentalidad*, se muestran los demás elementos georreferenciados dentro del sector norte alto de Tunja. Se tiene que la accidentalidad en este sector es baja debido al bajo nivel de tránsito, así como también a las bajas velocidades desarrolladas por lo que los accidentes presentes son debido a imprudencias de conductores o fallas mecánicas. Las demás capas como Berma y Separador, demuestran la poca inversión y planeación del sector, evidenciando a su vez el bajo nivel de control en las obras viales presentes.

## 7. ANÁLISIS MULTICRITERIO DE LA CIUDAD DE TUNJA

### 7.1 MAPA DE CRECIMIENTO URBANO

De acuerdo a la metodología planteada se puede observar los usos reclasificados que tuvo la zona urbana de Tunja en el 2014 en donde el 57.69% del área de Raster pertenece a lotes o zonas no construidas, seguido con el 27.79% de área residencial, el 10.71% de predios de servicios, el 3.79% pertenece a predios comerciales y el 0.02% para predios industriales, estos valores se pueden observar en la Tabla 26 en la cual se recopilan los valores que pertenecen a la información predial del 2014.

Figura 26. Usos de suelos reclasificados en 2014



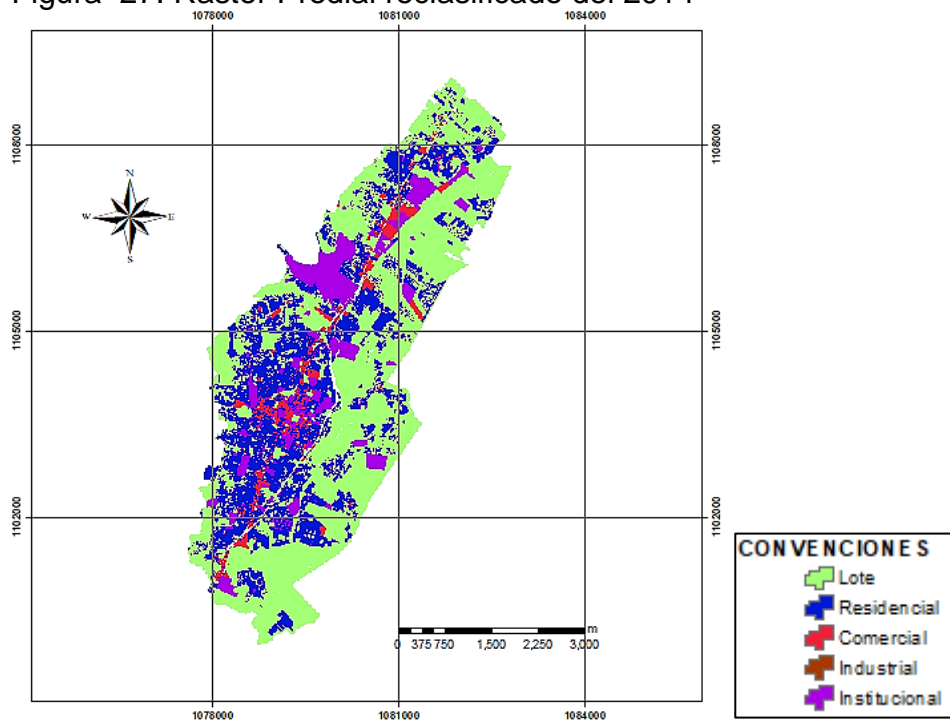
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 26. Áreas de los usos de suelos en 2014.

DESCRIPCIÓN	RASTER	ÁREA m <sup>2</sup>	PORCENTAJE (%)
LOTE	2	9825896	57.69%
RESIDENCIAL	5	4732669	27.79%
PREDIO COMERCIAL	7	646235	3.79%
PREDIO INDUSTRIAL	11	2829	0.02%
PREDIO INSTITUCIONAL	13	1823254	10.71%
<b>TOTAL</b>		<b>17030883</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

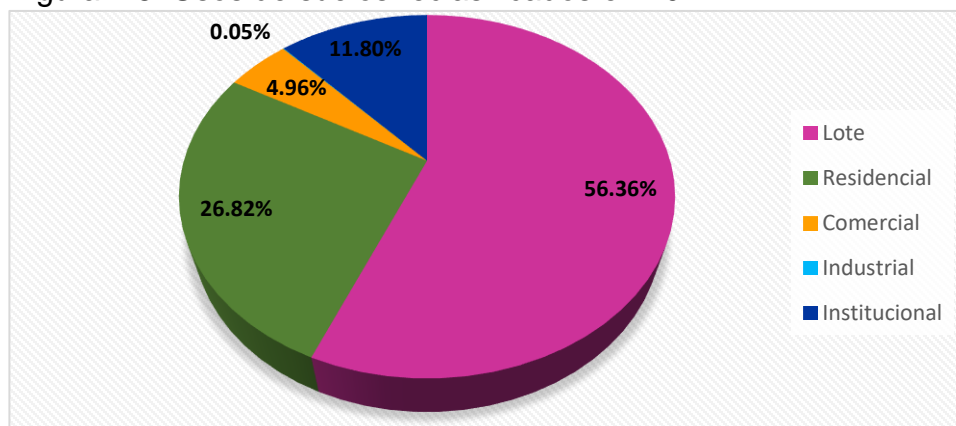
Figura 27. Raster Predial reclasificado del 2014



Fuente: Elaboración Propia.

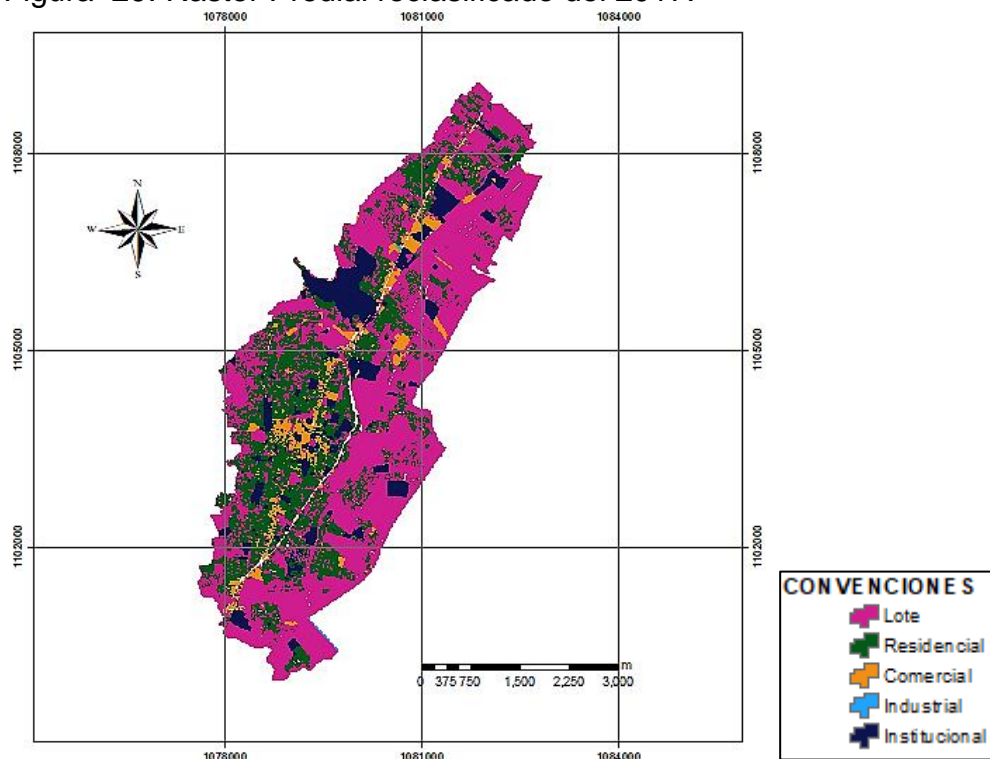
En la zona urbana del 2017 se tiene que el 56.36% del área analizada pertenece a lotes o zonas no construidas, el 26.82% corresponden a zonas residenciales, el 11.8% a predios de servicios, el 3.39 a predios comerciales y finalmente los predios industriales poseen un 0.05%

Figura 28. Usos de suelos reclasificados en 2014



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 29. Raster Predial reclasificado del 2017.



Fuente: Elaboración Propia.

En el Anexo A. Mapa 11 Predial 2014, Mapa 12 Predial 2017, se muestran los usos de suelos en estos años previo a la reclasificación.

Tabla 27. Áreas de los usos de suelos en 2017.

DESCRIPCIÓN	RASTER	ÁREA m <sup>2</sup>	PORCENTAJE (%)
LOTE	17	9663141	56.36%
RESIDENCIAL	19	4598976	26.82%
PREDIO COMERCIAL	23	850561	4.96%
PREDIO INDUSTRIAL	29	8939	0.05%
PREDIO INSTITUCIONAL	31	2023272	11.80%
<b>TOTAL</b>		<b>17144889</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Como resultado de la multiplicación de los mapas de uso predial se obtiene un Raster de crecimiento urbano el cual es procesado y reclasificado a partir de la Tabla 28, la cual es la matriz de resultados posibles dentro del procesamiento.

Tabla 28. Matriz de resultados para mapa de crecimiento.

			PREDIAL 2017				
			LO	RE	PC	PI	PS
VALOR			17	19	23	29	31
PREDIAL 2014	LO	2	34	38	46	58	62
	RE	5	85	95	115	145	155
	PC	7	119	133	161	203	217
	PI	11	187	209	253	319	341
	PS	13	221	247	299	377	403

Fuente: Elaboración Propia.

A partir de los resultados obtenidos se determinan los crecimientos en cada una de los sectores analizados, así como también los elementos base de cada sector por medio de la reclasificación de los elementos.

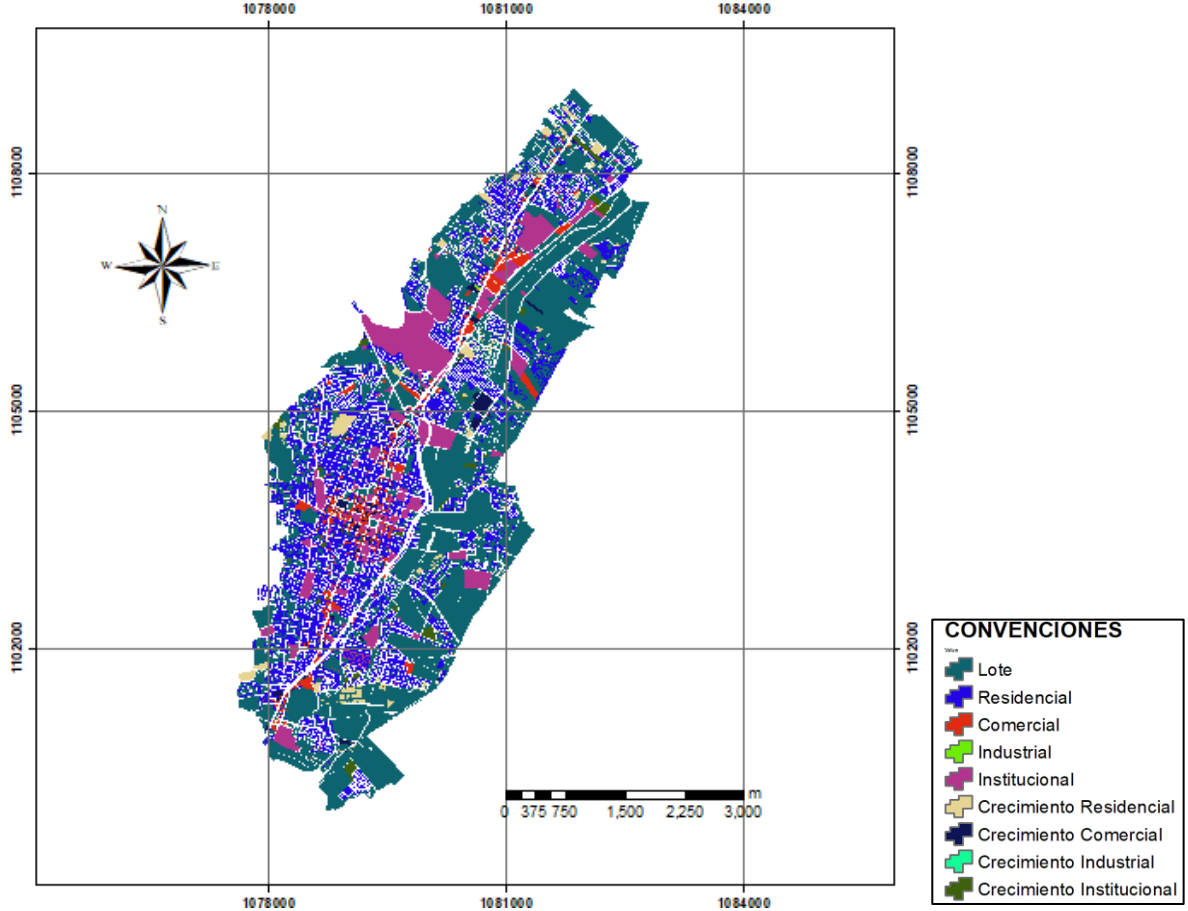
Tabla 29. Áreas de los usos de suelos en crecimiento.

DESCRIPCIÓN	RASTER	ÁREA m <sup>2</sup>	PORCENTAJE (%)
LOTE	1	9010832	53.58%
RESIDENCIAL	2	4397625	26.15%
PREDIO COMERCIAL	3	597991	3.56%
PREDIO INDUSTRIAL	4	2786	0.02%
PREDIO INSTITUCIONAL	5	1805701	10.74%
CRECIMIENTO RESIDENCIAL	6	534550	3.18%
CRECIMIENTO COMERCIAL	7	247139	1.47%
CRECIMIENTO INDUSTRIAL	8	30	0.00%
CRECIMIENTO INSTITUCIONAL	9	220509	1.31%
TOTAL		16817163	100.00%

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a la analizado se evidencia que el 94.05% de la zona urbana analizada no presentó cambios de uso predial entre los años 2014 y 2017, se tiene que el crecimiento en el área residencia fue del 3.18% siendo esta área la que más creció en la parte urbana, seguida de los predios comerciales que tuvieron un incremento del 1.47%, los predios de servicio o institucionales crecieron en un 1.31% y finalmente no se observa un crecimiento en la parte industrial.

Figura 30. Mapa de crecimiento urbano reclasificado.



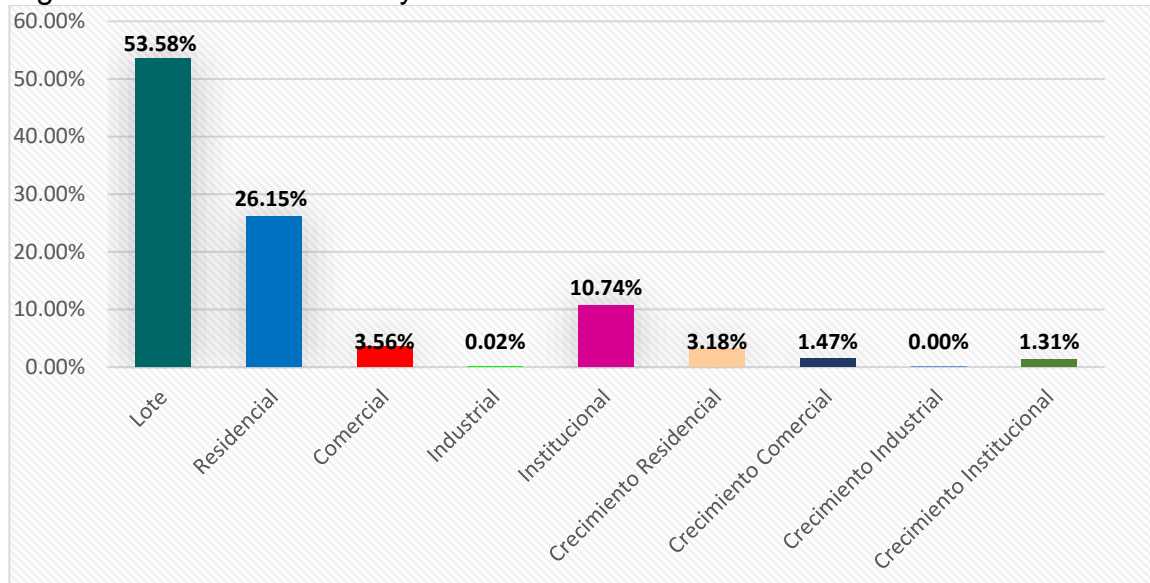
Fuente: Elaboración Propia.

Se pudo determinar que el crecimiento en los diferentes sectores del desarrollo entre los años 2014 y 2017 fue del 5.95%, a su vez determina que el uso de la ciudad es en su mayoría residencial, con una amplia vocación comercial así como también con amplia cobertura institucional. Es destacable que la cobertura institucional de los diferentes sectores públicos tienden a realizar una distribución equitativa a lo largo de la ciudad, igualmente las zonas de crecimiento institucional tienden a realizarse en zonas alejadas del centro histórico. En el *Anexo A. Mapa 13 Crecimiento Urbano*, se muestran e identifican gráficamente los análisis realizados.

El crecimiento residencial observado se presenta principalmente en la periferia de la ciudad, mientras que el crecimiento comercial se concentra principalmente en la

zona centro. Por último el crecimiento industrial es de 30 m<sup>2</sup>, tan bajo que no alcanza a ser significativo para el análisis realizado.

Figura 31. Usos de suelos y crecimientos en 2017.

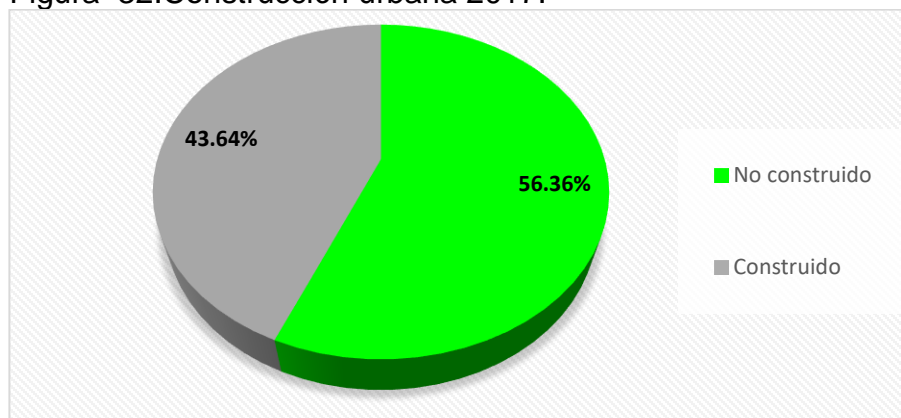


Fuente: Elaboración Propia.

## 7.2 MAPA DE CONFLICTOS CON USOS DE PROTECCIÓN

Dentro de la elaboración del mapa de conflictos con usos de protección se elabora el Raster de construcción urbana del año 2017.

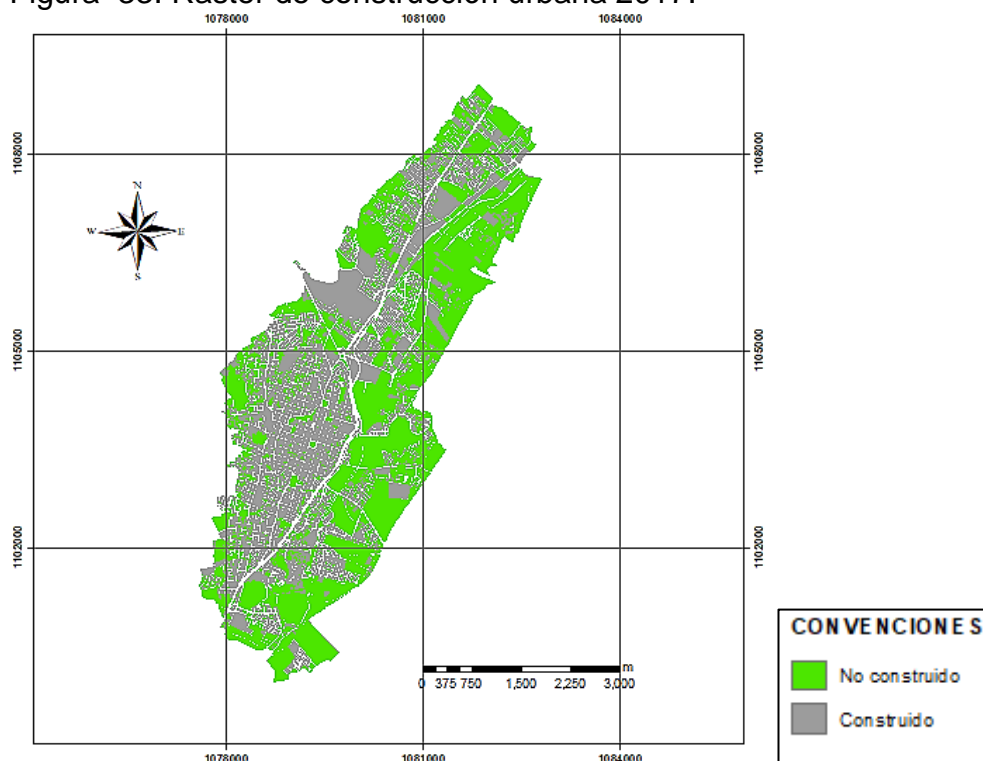
Figura 32. Construcción urbana 2017.



Fuente: Elaboración Propia.



Figura 33. Raster de construcción urbana 2017.



Fuente: Elaboración Propia.

En el año 2017 la zona urbana de Tunja presenta un área construida de 7'481748 m<sup>2</sup> equivalente al 43.64% del área analizada, mientras que se tiene que el 56.36% del área urbana no está construida, estos son los lotes en donde se podría llevar a cabo un crecimiento de la ciudad, esto se muestra en el En el *Anexo A. Mapa 14 Elementos construidos*.

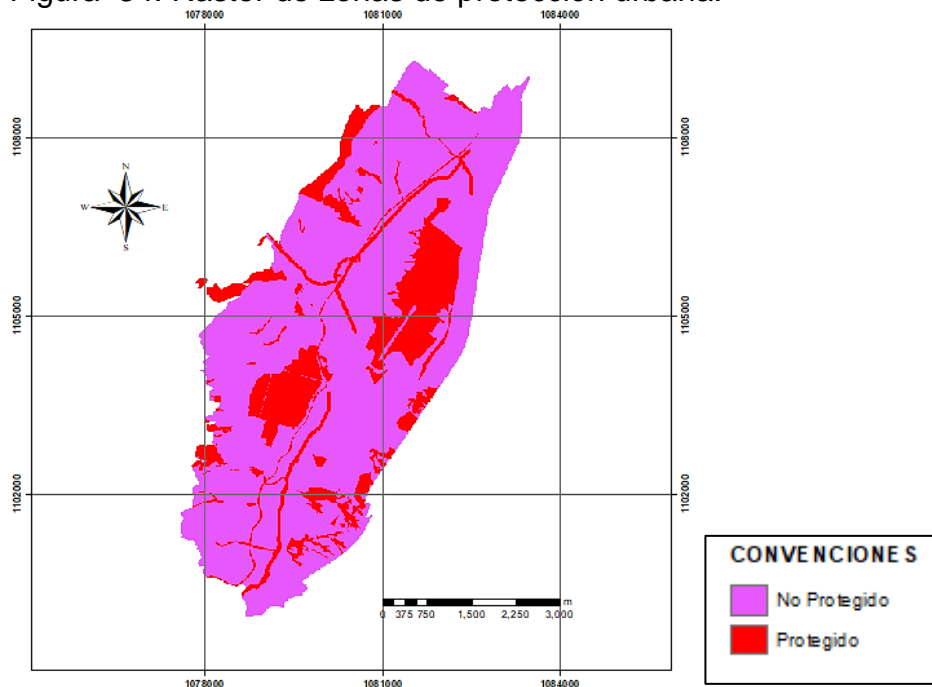
Tabla 30. Áreas de construcción urbana 2017.

DESCRIPCIÓN	RASTER	ÁREA m <sup>2</sup>	PORCENTAJE (%)
No construido	7	9663146	56.36%
Construido	11	7481748	43.64%
<b>TOTAL</b>		<b>17144894</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

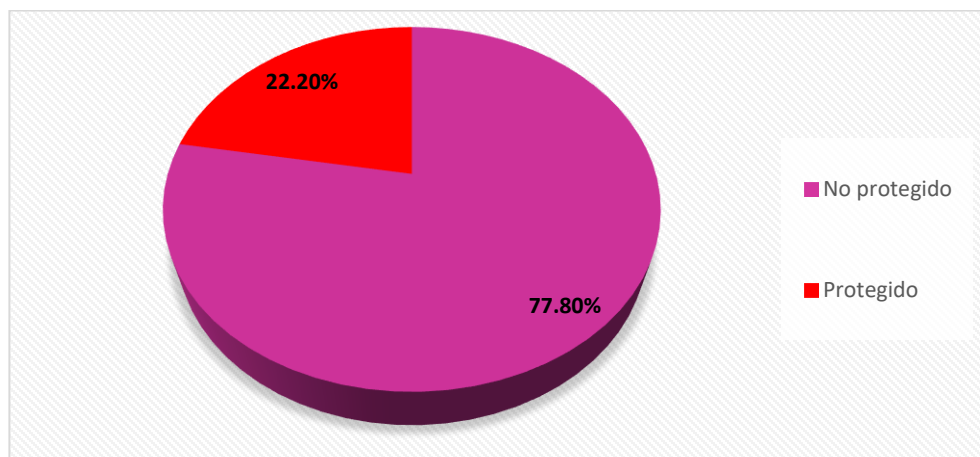
Posteriormente se identificaron las zonas de protección urbana por medio de la elaboración de un mapa Raster.

Figura 34. Raster de zonas de protección urbana.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 35. Diagrama de suelos de protección urbana.



Fuente: Elaboración Propia.

Se identificó que el área de protección urbana es de 6'231281 m<sup>2</sup> es decir el 22.2% de la zona urbana se encuentra en protección, mientras que el 77.8% no encuentra restricciones de tipo ambiental, monumental o histórica.

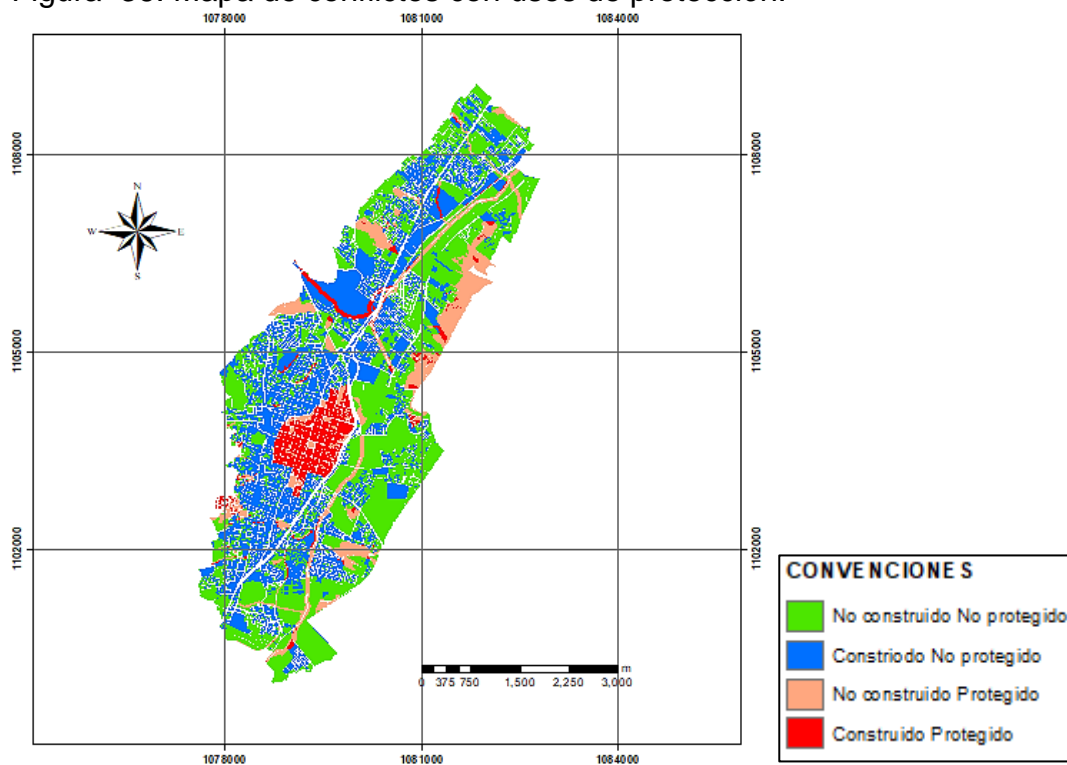
Tabla 31. Áreas de zonas de protección urbana.

DESCRIPCIÓN	RASTER	ÁREA m <sup>2</sup>	PORCENTAJE (%)
No protegido	2	21843360	77.80%
Protegido	5	6231281	22.20%
<b>TOTAL</b>		<b>28074641</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Mediante las herramientas de ArcGIS se realiza el procesamiento de los mapas anteriores en donde se obtiene cuatro tipos de áreas que presentan o no conflicto con los usos de protección.

Figura 36. Mapa de conflictos con usos de protección.



Fuente: Elaboración Propia.

El área de lotes que no tiene usos de protección es del 45.02% en donde se va a ver el crecimiento urbano en los próximos años dentro de la ciudad, por otro lado el 36.85% de las áreas no protegidas se encuentran construidas, que indica un buen control urbanístico del crecimiento en cuanto a los usos de protección. Los suelos

no construidos que poseen protección son el 11.34% del área y podrán tener usos compatibles o condicionados mencionados en la Tabla 33.

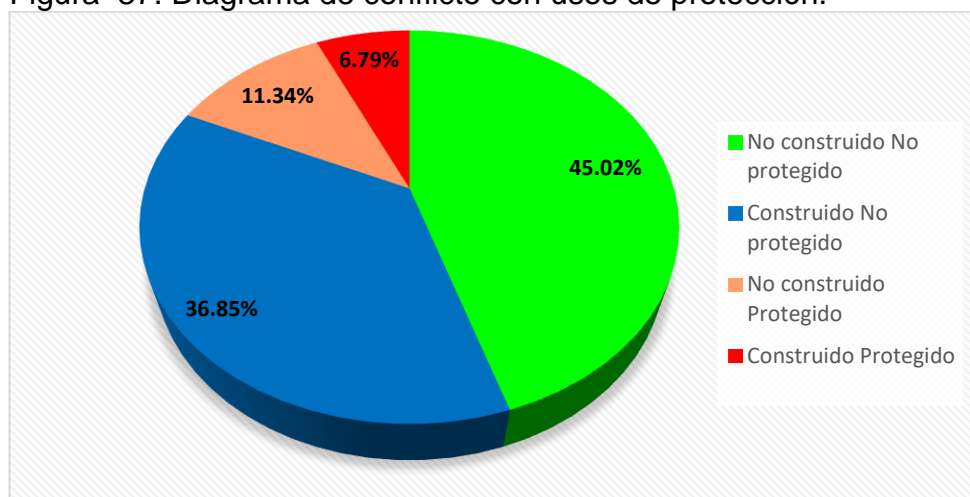
Tabla 32. Áreas de mapa de conflictos con usos de protección.

DESCRIPCIÓN	RASTER	ÁREA m <sup>2</sup>	PORCENTAJE (%)
No construido No protegido	14	7718461	45.02%
Construido No protegido	22	6317815	36.85%
No construido Protegido	35	1943774	11.34%
Construido Protegido	55	1163700	6.79%
<b>TOTAL</b>		<b>17143750</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Se establece que área construida protegida es del 6.79% que requiere una reubicación dentro de la zona urbana para todas aquellas construcciones que no cumplan con los usos de protección contemplados en la Tabla 33. Se observa que la mayor parte del área construida que se encuentra en zonas de protección pertenece al centro histórico de Tunja, dentro del cual están permitidos los usos residenciales, comercial e institucional siempre que se realice una conservación y protección del patrimonio histórico. En el *Anexo A. Mapa 15 Conflictos con Usos de Protección*, se muestran los elementos que se encuentran en conflicto.

Figura 37. Diagrama de conflicto con usos de protección.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 33. Usos de suelos de protección.

<b>ÁREAS FORESTALES PROTECTORAS</b>	
Uso principal	Conservación de suelos y protección, y restauración de la vegetación adecuada para la protección de los mismos.
Usos compatibles	Recreación pasiva o contemplación.
Usos condicionados	Captación de aguas o incorporación de vertimientos. Los vertimientos se limitarán a los tramos específicos sobre los cuales se establecieron los objetivos de calidad, construcción de infraestructura de apoyo para las actividades de recreación, puentes y obras de adecuación.
Usos prohibidos	Usos agropecuarios, industriales, urbanos y suburbanos, loteo y construcción de viviendas, minería, disposición de residuos sólidos, tala, caza y rocería de la vegetación.
<b>ÁREAS DE PROTECCIÓN INFRAESTRUCTURA PARA SERVICIOS PÚBLICOS</b>	
Uso principal	Obras de captación y pre tratamiento de agua, estructuras para el almacenamiento de agua, plantas de potabilización de agua.
Usos compatibles	Infraestructuras necesarias para el desarrollo de los usos principales.
Usos condicionados	Infraestructura de saneamiento
Usos prohibidos	Disposición de residuos sólidos peligrosos, industria, minería, agropecuarios, vivienda.

Fuente: Decreto 0241 de 2014 de la Alcaldía de Tunja, Artículo 29.

### 7.3 MAPA DE CONFLICTOS CON INUNDACIÓN Y ENCHARCAMIENTO

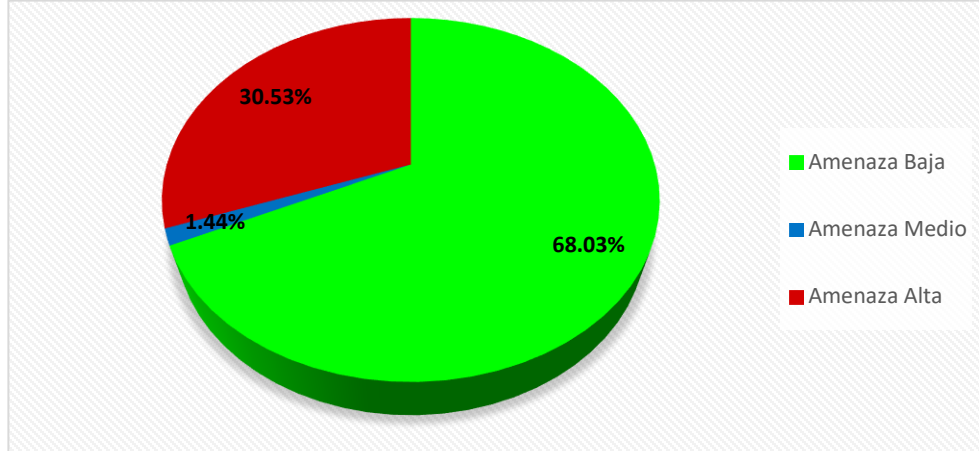
Se genera el mapa de amenazas de inundación y encharcamiento en donde se evidencia la magnitud de zonas de amenaza alta de inundación.

Tabla 34. Áreas de amenazas de inundación y encharcamiento.

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RASTER</b>	<b>ÁREA m<sup>2</sup></b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
Amenaza Baja	2	10452817	68.03%
Amenaza Medio	5	221394	1.44%
Amenaza Alta	7	4690776	30.53%
	<b>TOTAL</b>	<b>15364987</b>	<b>100.00%</b>

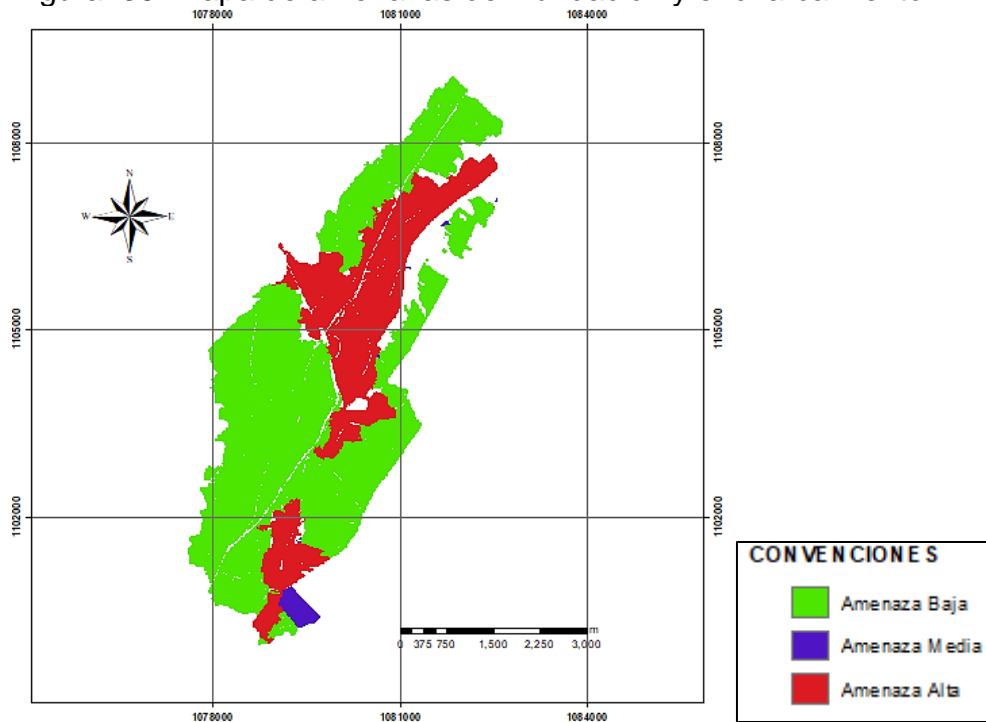
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 38. Diagrama de amenazas de inundación y encharcamiento.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 39. Mapa de amenazas de inundación y encharcamiento.

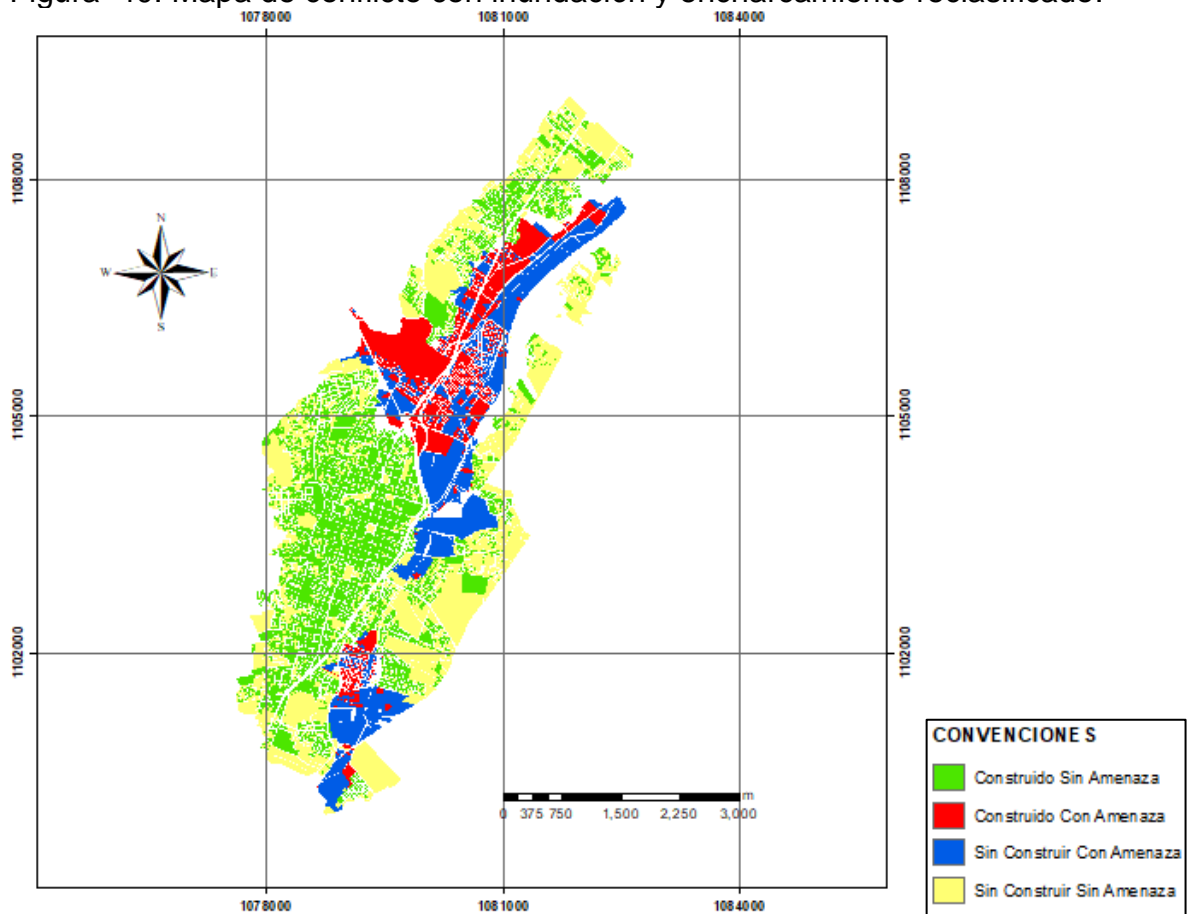


Fuente: Elaboración Propia.

El área amenaza alta de inundación y encharcamiento es de 4'690776 m<sup>2</sup> que corresponden al 30.53% del área analizada, y se encuentra que la mayor parte del área urbana se encuentra con una amenaza baja de inundación.

Luego de identificadas las zonas de amenaza de inundación se realiza el proceso de multiplicación en donde no se logra observar de manera clara las zonas que presentan amenaza alta de inundación por lo que es necesario realizar un reclasificación en donde se identifican de una mejor manera las diferentes zonas que componen el mapa de conflictos con inundación y encharcamiento.

Figura 40. Mapa de conflicto con inundación y encharcamiento reclasificado.



Fuente: Elaboración Propia.

Como resultado del mapa de conflicto con inundación y encharcamiento se tiene que la mayor área encontrada pertenece a lotes sin amenaza con un 36.07% del área en donde se puede proyectar el crecimiento urbano futuro para los diferentes tipos de usos de suelo. La segunda área más grande pertenece a construcciones sin amenaza con el 33.33% siendo un índice positivo en cuanto a los sectores en

donde se ha venido presentado el desarrollo de la ciudad. Estos dos indicadores muestran un índice positivo en cuanto a los controles realizados para el buen crecimiento de la ciudad. Los elementos en conflicto se muestran en el *Anexo A. Mapa 16 Conflictos con Usos de Inundación y Encharcamiento*.

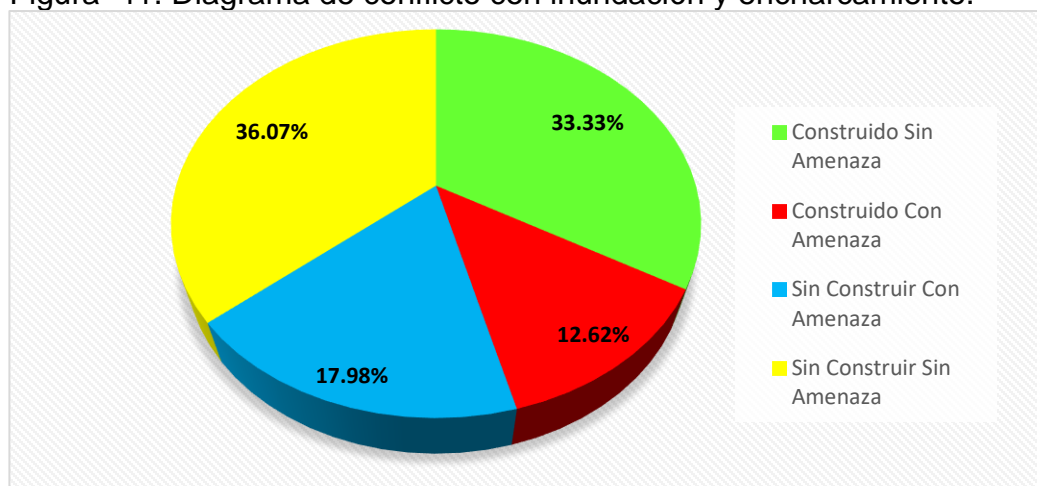
Tabla 35. Áreas de conflicto con inundación y encharcamiento.

DESCRIPCIÓN	RASTER	ÁREA m <sup>2</sup>	PORCENTAJE (%)
Construido Sin Amenaza	1	5054437	33.33%
Construido Con Amenaza	2	1914543	12.62%
Sin Construir Con Amenaza	3	2727338	17.98%
Sin Construir Sin Amenaza	4	5470489	36.07%
<b>TOTAL</b>		<b>15166807</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Las zonas sin construir que se encuentran en amenaza alta de inundación corresponden al 17.98% del área cumpliendo con el uso principal y compatible del suelo dado por la Alcaldía de Tunja en el POT<sup>9</sup>. Por otro lado se tiene que el 12.62% pertenece a construcciones en amenaza alta en donde se permite el uso condicionado para algunos elementos indicados en la Tabla 36.

Figura 41. Diagrama de conflicto con inundación y encharcamiento.



Fuente: Elaboración Propia.

<sup>9</sup> ALCALDÍA DE TUNJA. Decreto 0241 de septiembre de 2014. Artículo 30. Identificación y usos de suelo de áreas de amenaza urbana y rural.



Tabla 36. Usos de suelo por amenaza alta de inundación y encharcamiento.

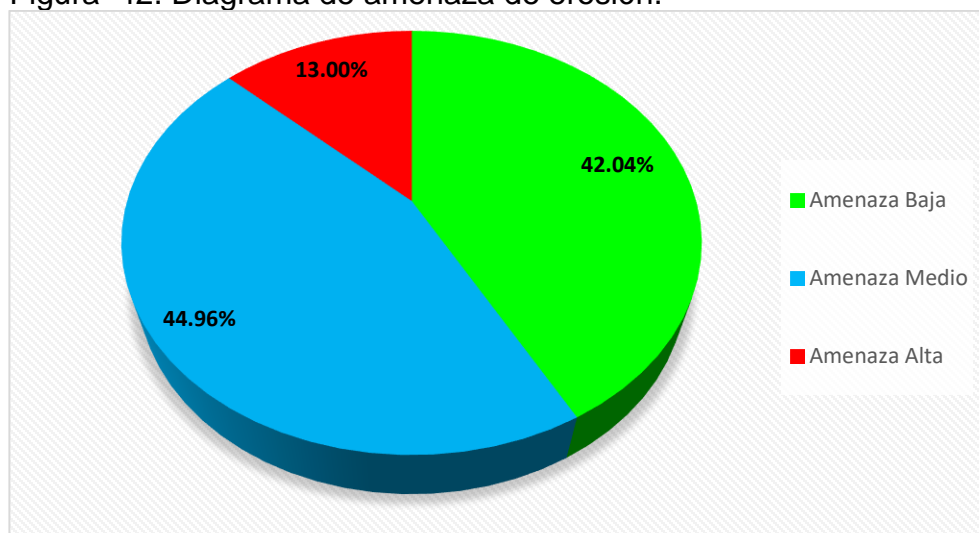
Amenaza por inundación y encharcamiento	Alta
Uso principal	Restauración ecológica y rehabilitación para la protección del suelo
Uso compatible	Revegetalización con especies nativas; investigación controlada
Uso condicionado	Medidas estructurales, de mantenimiento, de reacción inmediata y medidas de recuperación para la mitigación del riesgo; infraestructura para apoyo de actividades de recreación; infraestructura vial; desarrollos urbanos

Fuente: Decreto 0241 de 2014 de la Alcaldía de Tunja, Artículo 30.

## 7.4 MAPA DE CONFLICTOS CON EROSIÓN

Durante la elaboración del mapa de conflictos con erosión se elabora el mapa Raster de las amenazas de erosión urbana que permite clasificar las amenazas de erosión en alta, media y baja, mostrando que la mayor parte del área urbana se encuentra en amenaza media o baja.

Figura 42. Diagrama de amenaza de erosión.



Fuente: Elaboración Propia.

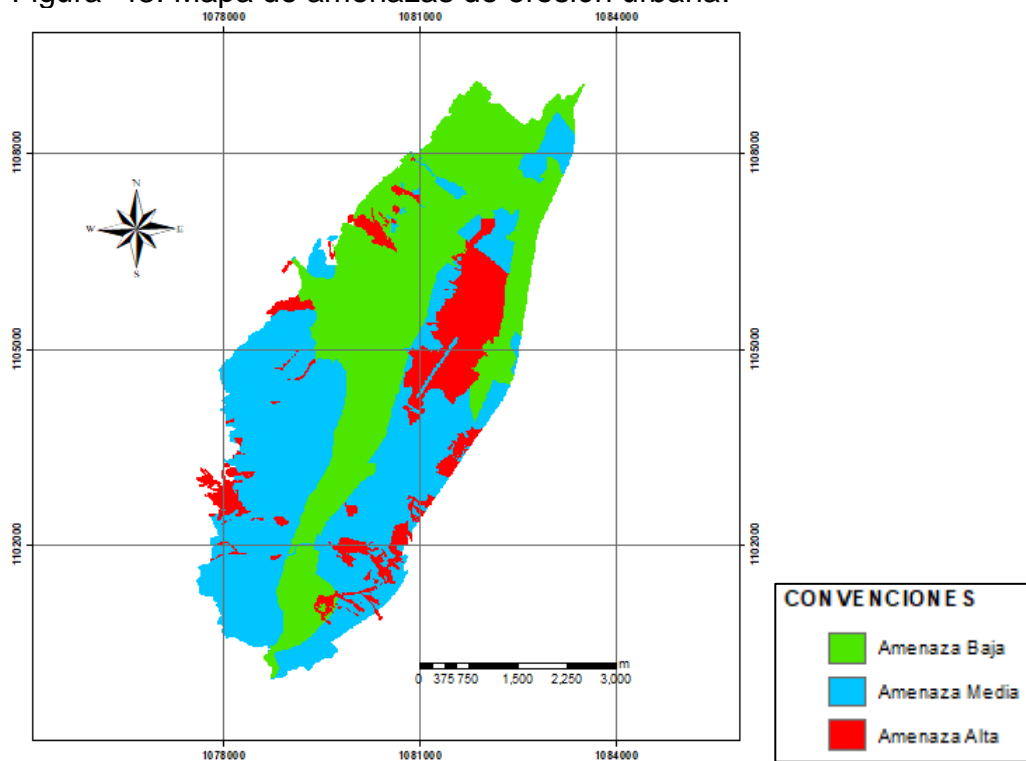
Tabla 37. Áreas de amenazas de erosión urbana.

DESCRIPCIÓN	RASTER	ÁREA m <sup>2</sup>	PORCENTAJE (%)
Amenaza Baja	2	11277929	42.04%
Amenaza Medio	5	12062845	44.96%
Amenaza Alta	7	3486542	13.00%
	<b>TOTAL</b>	<b>26827316</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

El área de amenaza alta por erosión es de 3486542 m<sup>2</sup> significando el 13.0% del área analizada, dentro de estas zonas se presentaría el conflicto de uso con erosión.

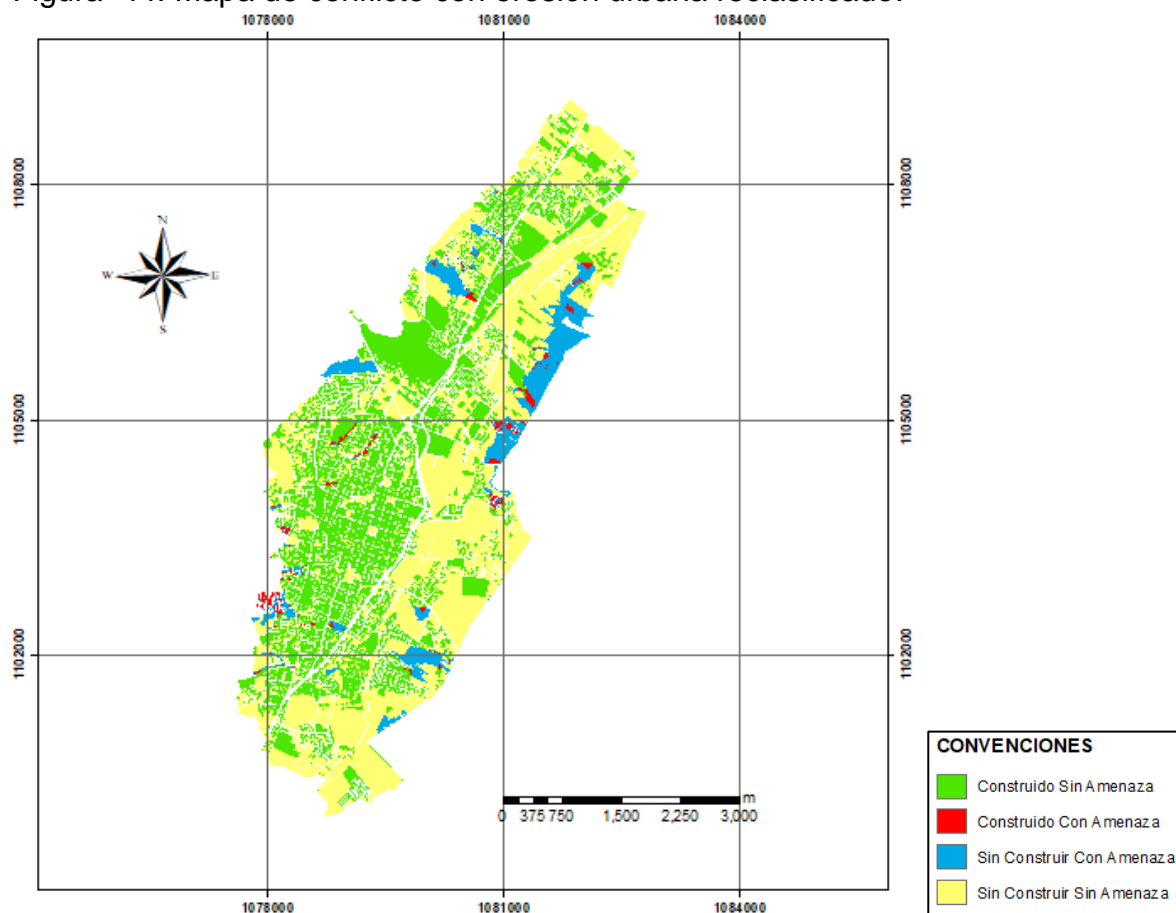
Figura 43. Mapa de amenazas de erosión urbana.



Fuente: Elaboración Propia.

Posterior a la identificación de zonas de amenaza de erosión se realiza el proceso de multiplicación y se reclasifica para poder identificar las zonas que componen el mapa de conflictos con erosión urbana.

Figura 44. Mapa de conflicto con erosión urbana reclasificado.



Fuente: Elaboración Propia.

Los lotes sin amenaza se encuentran en mayor proporción con el 49.07% del área, mientras que las edificaciones sin amenaza constituyen el 42.5% siendo indicativos positivos en cuanto al buen desarrollo y áreas de crecimiento que puede llegar a tener la zona urbana.

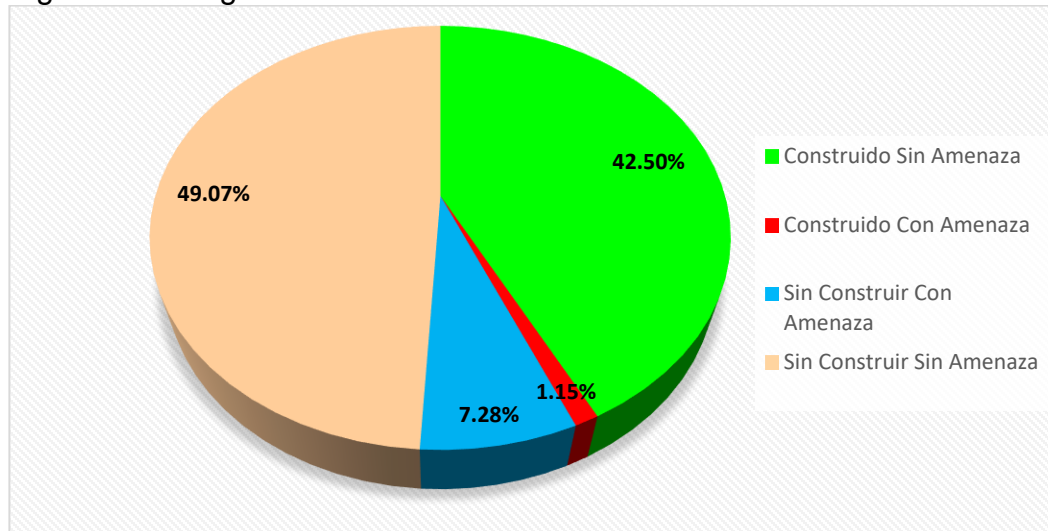
Tabla 38. Áreas de conflicto con erosión urbana.

DESCRIPCIÓN	RASTER	ÁREA m <sup>2</sup>	PORCENTAJE (%)
Construido Sin Amenaza	1	7283331	42.50%
Construido Con Amenaza	2	196964	1.15%
Sin Construir Con Amenaza	3	1246772	7.28%
Sin Construir Sin Amenaza	4	8409003	49.07%
<b>TOTAL</b>		<b>17136070</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Las zonas sin construir en amenaza alta de erosión corresponden al 7.28% del área cumpliendo con el uso principal y compatible del suelo dado en el POT de Tunja<sup>10</sup>. Finalmente el 1.15% pertenece a construcciones en amenaza alta en donde se permite el uso condicionado para algunos elementos indicados en la Tabla 39.

Figura 45. Diagrama de conflicto con erosión urbana.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 39. Usos de suelo por amenaza alta de erosión.

Amenaza por erosión	Alta
<b>Uso principal</b>	Restauración ecológica y rehabilitación para la protección, recreación pasiva.
<b>Uso compatible</b>	Revegetalización con especies nativas; investigación controlada; plantaciones forestales protectoras.
<b>Uso condicionado</b>	Medidas estructurales, de mantenimiento, de reacción inmediata y medidas de recuperación para la mitigación del riesgo; infraestructura para apoyo de actividades de recreación; infraestructura vial.

Fuente: Decreto 0241 de 2014 de la Alcaldía de Tunja, Artículo 30.

<sup>10</sup> ALCALDÍA DE TUNJA. Decreto 0241 de septiembre de 2014. Artículo 30. Identificación y usos de suelo de áreas de amenaza urbana y rural.

En el *Anexo A. Mapa 17 Conflictos con Erosión Urbana*, se identifican las zonas que se encuentran referenciadas dentro del conflicto con Erosión.

## 7.5 MAPA DE CONFLICTOS Y CRECIMIENTO

El mapa de conflicto y crecimientos se elabora a partir de la superposición de los cuatro mapas realizados en el presente capítulo en donde se reclasifica la información de modo tal que solo quede información relevante como lo son las zonas de crecimiento urbano presentadas entre los años, los elementos construidos con amenaza alta de inundación, los elementos construidos que se encuentran en zonas de protección y los elementos construidos con amenaza alta de erosión.

Se realiza la multiplicación de los Raster de cada uno de estos elementos permitiendo observar si los crecimientos urbanos se presentaron en zonas no adecuadas de acuerdo a los diferentes usos de suelos dados en el POT de Tunja. En la Tabla 40 se presenta la matriz de resultados que identifica el significado de los Raster obtenidos.

Tabla 40. Matriz de resultados del mapa de conflictos y crecimiento

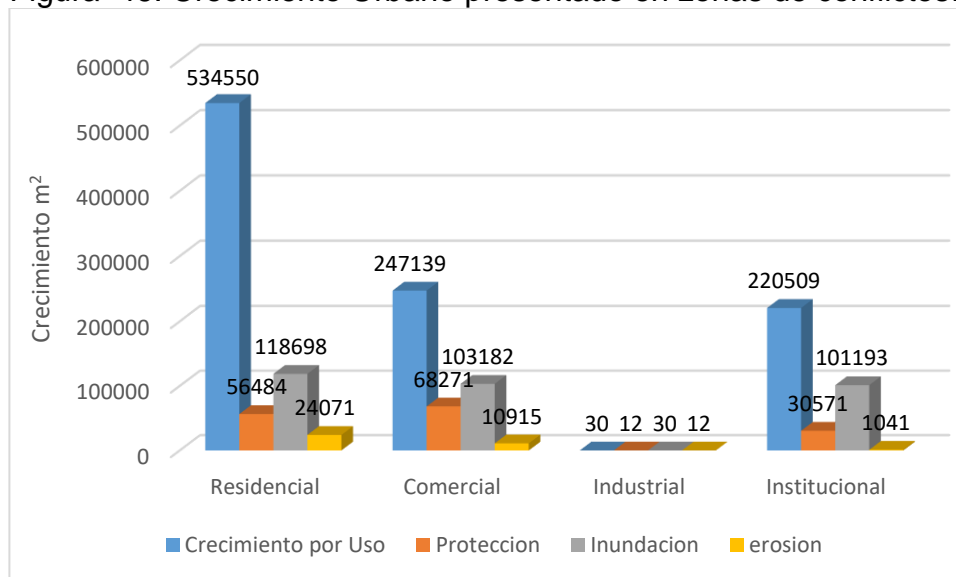
CRECIMIENTO	RASTER DE PROTECCIÓN	RASTER DE INUNDACIÓN	RASTER DE EROSIÓN
Residencial	22	55	77
Comercial	26	65	91
Industrial	34	85	119
Institucional	38	95	133

Fuente: Elaboración propia.

El crecimiento residencial en zona de protección es de 56484 m<sup>2</sup> que representa el 10.6% del crecimiento residencial presentado entre los años 2014 y 2017, en donde se observa que la mayor parte de este crecimiento es en el centro histórico de Tunja, seguido por zonas de taludes inestables y por último en rondas de los ríos que

atraviesan la ciudad. El crecimiento comercial en zona de protección es de 68271 m<sup>2</sup> correspondiente al 27.6% del crecimiento comercial mostrado en los años 2014 y 2017, cuyo crecimiento es principalmente en el centro histórico es decir en zona de conservación histórica, y en una pequeña proporción en zonas de taludes inestables. Para el crecimiento industrial en zona de protección se tiene que son 12 m<sup>2</sup> correspondientes al 40.0% del crecimiento industrial presentado en los años 2014 y 2017, este crecimiento se presentó en una zona de talud inestable. Por último el crecimiento institucional en áreas de protección es de 30571 m<sup>2</sup> que representa el 13.9% del crecimiento institucional presentado entre los años 2014 y 2017, crecimiento presentado en zonas de preservación histórica y en taludes inestables.

Figura 46. Crecimiento Urbano presentado en zonas de conflictos.

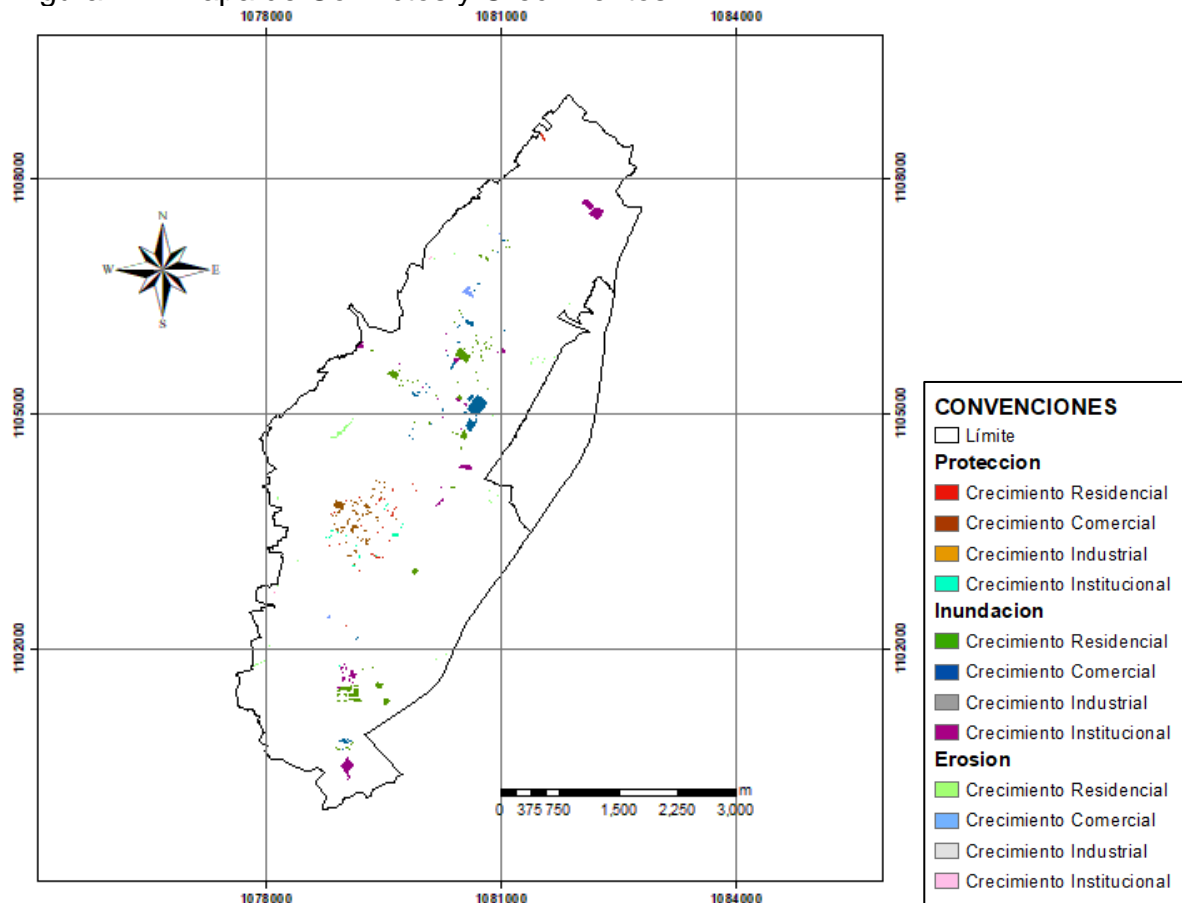


Fuente: Elaboración Propia.

Para el crecimiento residencial en zonas de inundación y encharcamiento de amenaza alta se tiene que es de 118698 m<sup>2</sup> que corresponden al 22.2% del crecimiento residencial, presentado en los barrios Antonia Santos, Patriotas, Mesopotamia, Santa Inés, Torres de Sion, Las quintas, María Fernanda, Soaquirá y Santa Ana. El crecimiento comercial en zonas inundación de amenaza alta fueron

103182 m<sup>2</sup> equivalentes al 41.8% del crecimiento comercial, se presenta en los barrios Terrazas de Santa Inés, Santa Inés, JJ. Camacho, La granja y Santa Ana. El 100% del crecimiento industrial se presenta en zona de amenaza alta de inundación. Por último el crecimiento institucional en zona de amenaza alta de inundación es del 45.9%, presentado en Terrazas de Santa Inés y en zonas aledañas a la universidad de Boyacá.

Figura 47. Mapa de Conflictos y Crecimientos.



Fuente: Elaboración Propia.

El crecimiento residencial en zonas de amenaza alta de erosión fue de 24071 m<sup>2</sup> que representa el 4.5% del crecimiento residencial, en los barrios remansos de la Sabana, Torres del Parque y el Dorado. El crecimiento comercial con amenaza alta de erosión es de 10915 m<sup>2</sup> significando el 4.4% del crecimiento comercial,

presentado en el barrio Obrero y la Granja. El 40.0% del crecimiento industrial se presenta en zonas de amenaza alta de erosión. Por último se da un crecimiento institucional de 0.5% en zonas de amenaza alta de erosión.

Tabla 41. Áreas de los usos de suelos del mapa de uso de suelos.

CRECIMIENTO	ÁREA TOTAL m <sup>2</sup>	% DE CRECI.	PROTECCIÓN		INUNDACIÓN		EROSIÓN	
			ÁREA m <sup>2</sup>	(%)	ÁREA m <sup>2</sup>	(%)	ÁREA m <sup>2</sup>	(%)
<b>Residencial</b>	<b>534550</b>	<b>3.18%</b>	56484	10.6%	118698	22.2%	24071	4.5%
<b>Comercial</b>	<b>247139</b>	<b>1.47%</b>	68271	27.6%	103182	41.8%	10915	4.4%
<b>Industrial</b>	<b>30</b>	<b>0.00%</b>	12	40.0%	30	100.0%	12	40.0%
<b>Institucional</b>	<b>220509</b>	<b>1.31%</b>	30571	13.9%	101193	45.9%	1041	0.5%

Fuente: Elaboración Propia.

A pesar de que la mayoría de los crecimientos presentados para los diferentes usos de la ciudad presentan índices positivos, en cuanto a las zonas en donde se construyeron, es importante resaltar que estos índices pueden mejorar hasta lograr que el crecimiento de la ciudad se dé totalmente en zonas totalmente aptas y que no posean ningún tipo de amenaza.

En el *Anexo A. Mapa 18 Tipos de Intersecciones*, se muestran distribución de los crecimientos de los diferentes usos de suelo que presentan conflicto con los usos de protección urbano presentados en el POT de Tunja.



## 8. CONCLUSIONES

- EL uso de receptores GPS con tecnología NTRIP permite mejorar notablemente la precisión de los datos tomados en campo, logran reducir el tiempo de pos proceso de la información ya permite realizarlo en tiempo real a través de protocolo de internet, y permite reducir los tiempos de tomas de datos.
- La estructuración y mejoramiento de base de datos georrefenciadas genera una mejora continua de las instituciones que manejan el desarrollo de la ciudad, igualmente permite mejorar la interacción que existe entre las diferente dependencias que conforman cada una de estas instituciones. Estas bases de datos permiten tener información confiable al momento de realizar futuras actualizaciones del Plan de Ordenamiento Territorial.
- Se brinda asistencia técnica en los procesos de actualización de la malla vial y de la cartográfica, generando una base de datos de información georrefenciada acorde a los requerimientos del Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras y de la Alcaldía de Tunja.
- El sector norte alto de Tunja evidencia falta de planeación y estructuración vial ya que faltan elementos conectores como diagonales y transversales que permitan aliviar el tráfico vehicular, a su vez no se cuenta con carreras totalmente paralelas a la avenida Norte que logren un desvío significativo de tránsito vehicular.
- Es de vital importancia generar infraestructura vial complementaria a las vías del sector norte alto, como lo son señalización, bermas, puentes peatonales, puentes vehiculares y semaforización que generen una adecuada educación vial dentro de este sector.

- El mayor crecimiento en el área urbana durante los años 2014 y 2017 fue el residencial con un 3.18%, seguido del comercial con un 1.47% demostrando que son los ejes de crecimiento y desarrollo urbano de Tunja.
- En el 6.79% del área urbana se encuentran edificaciones sobre usos de protección, estas edificaciones deberán ser reubicadas o desarrollar usos compatibles o condicionados de acuerdo a lo establecido en el POT de Tunja.
- Se tiene amenaza alta de inundación y encharcamiento en el 12.62% del territorio urbano en la que se encuentran actualmente edificaciones, generando riesgos de inundación sobre estas edificaciones, y se requiere continuo control y monitoreo sobre estas edificaciones especialmente durante la temporada invernal.
- El 13.0% del área urbana de Tunja posee riesgo alto por erosión, dentro del cual el 1.15% presenta conflicto debido a que se encuentran edificaciones sobre estas zonas.
- Se evidencia crecimiento urbano sobre los diferentes suelos de protección, dejando al descubierto una falencia en los controles de aprobación y construcción llevados a cabo por las administraciones, por lo que se es necesario ejercer un mayor control y seguimiento a las zonas que requieren de protección.

## 9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar campañas de divulgación de la realización de este tipo de proyectos con el fin de informar a la comunidad de los trabajos a realizar, así como también identificar correctamente a cada uno de los participantes de los proyectos, esto último para no generar molestias e inconvenientes con la ciudadanía de Tunja.
- Realizar una actualización de la base de datos de uso predial de la ciudad mediante una alianza público privada que permita actualizar constantemente los usos prediales. La alianza publico privada se plantea debido a que algunas entidades de servicios públicos presentan mejores bases de datos que la Alcaldía de Tunja y una mejor diligencia a la hora de observar cambios en los usos de suelos.
- Implementar procedimientos de aceptación, mejoramiento o creación de nuevas vías que permitan actualizar de manera oportuna el sistema nacional de carreteras y de esta manera no sea necesario realizar el levantamiento completo de todas las vías existentes.
- Realizar un seguimiento al estado de las vías urbanas y sus componentes, para que mediante este se puedan priorizar los mantenimientos viales que puedan requerir los diferentes componentes viales.
- Es necesario identificar los usos de suelos, como lo son principal, compatible, condicionados y prohibidos, para los elementos de conservación arquitectónica y monumental, debido a que no se encuentran definidos en el POT actual y por consiguiente no se pueden generar conceptos positivos o negativos sobre los usos que presentan actualmente estos elementos.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

**ArcGIS** ArcGIS for Desktop [En línea]. - 27 de Febrero de 2018. - <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//005600000002000000>.

**CHEN S [y otros]** Multi-scale and multi-modal GIS-T data model [Publicación periódica]. - Praga - República Checa : Journal of Transport Geography, 2011.

**CIOCE Victor [y otros]** Promoviendo la implementación del GNSS-NTRIP en levantamientos topográficos y catastrales [Publicación periódica]. - Maracaibo - Venezuela : Reunión SIRGAS, 2013.

**CODIGO NACIONAL DE TRANSITO** Art. 2. Ley 769 de 2002 [Libro]. - 2002.

**CONCOPE-EPN-W0B AME** Gestión de geo-informática. Guía de SIG para su administración [Libro]. - Ecuador : Proyecto Plantel, 2005.

**GALLINA Garcia Silvia J** Sistema de Información Geográfica aplicada al monitoreo de análisis catastral en la aldea Tierra Nueva, la democracia, escuintla [Publicación periódica]. - Guatemala : [s.n.], 2011.

**INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO - IDU** Guia para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. [Libro]. - Bogotá : Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., 2013.

**INSTITUTO DISTRITAL DE RECREACIÓN Y DEPORTE** Aplicaciones de los SIG [En línea]. - 10 de Febrero de 2018. - <http://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/content/aplicaciones-de-los-sig>.

**INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI** Resolución 070 de 2011 [Libro]. - 2011.

**INVIAS** Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos [En línea]. - 2006. - 12 de Febrero de 2018. - <https://www.invias.gov.co/index.php/archivoy-documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras/664-manual-para-la-inspeccion-visual-de-pavimentos-rigidos/file>.

**JOYA Espitia Guillermo** Actualización de la información vial y catastral de la zona Oriente Alto de Tunja utilizando Sistemas de Informacion Geográfica [Libro]. - Tunja : [s.n.], 2018.

**J Leonardo y RIVERA C** Patrones Territoriales de Movilidad en la Zona Urbana de Tunja aplicados con SIG [Libro]. - Tunja : [s.n.], 2014. - pág. 110.

**J. BORRAJO Sebastián y J. RUBIO Alférez** La planificación de carreteras en España [Publicación periódica]. - España : Situación: revista de coyuntura económica, 1987. - 20 : Vol. 1.

**MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LA RED VIAL SECUNDARIA** [Libro].

**MANZANO Francisco y GIL A** Desarrollo de una metodología de actualización puntual de la cartografía catastral mediante integración de técnicas GPS y SIG [Publicación periódica]. - España : [s.n.].

**MINISTERIO DE TRANSPORTE** Manual de Señalización Vial [Libro]. - 2004.

**MINISTERIO DE TRANSPORTE** Resolución 1067 de 2015. Metodología General para Reportar la Información que conformara el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras - SINC [Libro]. - 2015.

**MINISTERIO DE TRANSPORTE** Resolución 1860 de 2013 [Libro]. - 2013.

**MINISTERIO DE TRANSPORTE** Resolución 5574 de 2016 [Libro]. - 2016.

**MONTEJO Fonseca Alfonso** Ingeniería de pavimentos para carreteras [Libro]. - Bogotá : Universidad Católica de Colombia, 2006.

**MUNICIPIO DE TUNJA** Decreto 241 de 2014. Plan de Ordenamiento Territorial [Libro]. - Tunja : [s.n.], 2014.

**RED VIAL NACIONAL** [Publicación periódica]. - 2013. - 195 : Vol. 2.

**RINCÓN Vargas Angélica** Actualización de la información Vial y Catastral de la zona Sur Baja de Tunja utilizando Sistemas de Informacion Geográfica [Libro]. - Tunja : [s.n.], 2018.

**YUPARI Yupa Victor y TAYPE Huamani** Sistema de Información Geográfica aplicado al catastro urbano en el sector de Mollepara, distrito Ayacucho Provincia de Huamanga, Departameno de Ayacucho [Publicación periódica]. - Perú : [s.n.], 2014.

## **ANEXOS**

## ANEXO A. MAPAS DE TUNJA.